

UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA
FACULDADE DE MEDICINA E ODONTOLOXÍA
Departamento de Dermatoloxía e Otorrinolaringoloxía



**REGISTRO POSTURAL EN PERSONAS SANAS:
EVALUACIÓN DEL EQUILIBRIO MEDIANTE EL
ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE LA
POSTUROGRAFÍA DINÁMICA
COMPUTERIZADA Y EL SISTEMA SWAY STAR**

TESIS DOCTORAL
Ana Faraldo García
Curso académico 2008 / 2009

Directores: Prof^a. Dra. Sofía Santos Pérez
Prof. Dr. Andrés Soto Varela



Departamento de Dermatoloxía e Otorrinolaringoloxía
Facultade de Medicina
Rúa San Francisco s/n
15705 Santiago de Compostela
Telf. 981563100, ext 12385
Correo electrónico: desec@usc.es

Realizado el acto público de defensa y mantenimiento de esta tesis doctoral el día 3 de Julio de 2009, en la Facultade de Medicina e Odontología de la Universidade de Santiago de Compostela ante el tribunal formado por:

Presidente: Dr. D. Torcuato Labella Caballero.

Vocales: Dr. D. Edoardo Arslam.

Dr. D. Nicolás Pérez Fernández.

Dr. D. Herminio Pérez Garrigues.

Secretario: Dr. D. Carlos Santiago Martín Martín.

Siendo los directores Dra. D^a. Sofía Soledad Santos Pérez y Dr. D. Andrés Soto Varela, obtuvo la máxima calificación: SOBRESALIENTE CUM LAUDE.

A mis padres

Agradecimientos

Al Profesor Torcuato Labella, por las enseñanzas impartidas y su entusiasmo en inculcarnos su vocación docente e investigadora.

A Andrés Soto y a Sofía Santos, por el empeño y esfuerzo que han puesto en que consiguiese llevar a cabo de este trabajo.

A Juan Cajade por su colaboración en la preparación del trabajo de campo.

A Rosa Crujeiras, por su más que ayuda en el análisis estadístico.

A Luis, por su cariño, paciencia y apoyo incondicional.

A mis padres, por estar ahí siempre.

A todos mis compañeros y miembros del Servicio de Otorrinolaringología, por su colaboración en los buenos y malos momentos.

Y finalmente a todos aquellos que han participado desinteresadamente en este estudio.

Abreviaturas.....	1
I. HIPÓTESIS.....	5
II. INTRODUCCIÓN.....	9
<u>1. El sentido del equilibrio.....</u>	13
1.1 Bases anatómicas y fisiológicas.....	13
1.1.1. Sistema vestibular periférico.....	13
1.1.1.1 Receptores vestibulares.....	13
1.1.1.2 Líquidos laberínticos.....	19
1.1.1.3 Vascularización.....	19
1.1.1.4 Inervación.....	21
1.1.1.4 Fisiología de los receptores vestibulares.....	22
1.1.2. Sistema vestibular central.....	24
1.1.2.1 Núcleos vestibulares.....	24
A. Núcleo triangular de Schwalbe, núcleo mediano, núcleo medial o núcleo interno (NM).....	25
B. Núcleo de Deiters o núcleo lateral (NL).....	26
C. Núcleo de Betcherew o núcleo superior.....	27
D. Núcleo de Roller, núcleo inferior o núcleo de la raíz descendente (ND).....	27
E. Núcleos accesorios	27
1.1.2.2 Patrones de conexión de los núcleos vestibulares.....	28
A. Aferencias de los núcleos vestibulares.....	28
a) Aferencias vestibulares primarias a los núcleos vestibulares.....	28

b) Aferencias espinales a los núcleos vestibulares.....	29
c) Aferencias del cerebelo a los núcleos vestibulares.....	30
d) Otras aferencias a los núcleos vestibulares.....	31
e) Aferencias vestibulares primarias al cerebelo.....	31
B. Proyecciones del complejo vestibular nuclear.....	32
a) Núcleos óculo-motores.....	32
b) Asta anterior de la médula.....	32
c) Sistema nervioso autónomo.....	34
d) Cerebelo.....	34
e) Hipotálamo.....	35
f) Formación reticular.....	36
g) Corteza cerebral.....	36
1.2 Fisiología del equilibrio.....	36
1.2.1. Concepto de equilibrio.....	36
1.2.2. Función del equilibrio.....	38
<u>2. Sistema de estudio del equilibrio.....</u>	42
2.1 Análisis del funcionamiento de los reflejos vestibulo-espinales.....	42
2.2 Técnicas de registro.....	45
2.2.1. Posturografía dinámica computerizada.....	45
2.2.1.1 Introducción.....	45
2.2.1.2 El equipo.....	48
2.2.1.3 Pruebas posturográficas.....	50
A. Test de organización sensorial.....	50
B. Pruebas de control voluntario de los desplazamientos del centro de gravedad.....	51

2.2.1.4 Análisis de datos.....	52
A. Test de organización sensorial (SOT).....	53
a) Porcentaje de equilibrio.....	53
b) Análisis sensorial.....	54
c) Análisis de estrategia.....	56
d) Estabilidad estática.....	57
B. Límites de estabilidad	58
2.2.1.5. Limitaciones de la posturografía dinámica computerizada....	59
2.2.2. Sway Star.....	60
2.2.2.1 Introducción.....	60
2.2.2.2 El equipo.....	60
2.2.2.3 Principios de las mediciones para distintos protocolos.....	63
A. Posición estática de pie.....	63
B. Caminando.....	64
C. Escaleras /Inclinaciones.....	65
D. Sentarse y levantarse.....	66
E. Alcance.....	66
F. Otros (3 pruebas).....	67
2.2.2.4 Análisis de datos.....	67
A. Medida.....	67
B. Valores de normalidad.....	67
C. Ventanas de análisis de datos.....	69
D. Resumen del control del balance (BCS).....	76
III. OBJETIVOS.....	85
IV. MATERIAL Y MÉTODOS.....	89

<u>1. Material</u>	91
1.1. Humano.....	91
1.2. Soporte técnico.....	92
1.2.1. Posturógrafo.....	92
1.2.2 Sway Star.....	93
<u>2. Métodos</u>	93
2.1. Historia clínica.....	93
2.2. Exploración física.....	94
2.3. Estudio postural.....	94
2.4. Estudio estadístico.....	100
V. RESULTADOS	105
<u>1. Resultados de la posturografía dinámica computerizada</u>	108
1.1 Test de organización sensorial.....	108
1.1.1 Porcentaje de equilibrio.....	108
a) Para la población total (N=70).....	108
b) Menores de 20 años (N=10).....	112
c) Entre 20 y 29 años (N=10).....	113
d) Entre 30 y 39 años (N=10).....	115
e) Entre 40 y 49 años (N=10).....	116
f) Entre 50 y 59 años (N=10).....	117
g) Entre 60 y 69 años (N=10).....	118
h) Mayores o iguales a 70 años (N=10).....	120
1.1.2 Análisis sensorial.....	123
a) Para la población total (N=70).....	123
b) Menores de 20 años (N=10).....	124

c) Entre 20 y 29 años (N=10).....	125
d) Entre 30 y 39 años (N=10).....	125
e) Entre 40 y 49 años (N=10).....	125
f) Entre 50 y 59 años (N=10).....	126
g) Entre 60 y 69 años (N=10).....	126
h) Mayores o iguales a 70 años (N=10).....	126
1.1.3 Análisis de estrategia	129
1.2 Límites de estabilidad.....	134
Tiempo de reacción (<i>reaction time</i>).....	134
Velocidad del movimiento (<i>movement velocity</i>).....	137
Recorrido (<i>endpoint and maximum excursion</i>).....	139
Control direccional (<i>directional control</i>).....	140
<u>2. Resultados del sistema Sway Star</u>	144
2.1 Pruebas estáticas/postura.....	144
2.2 Pruebas de la marcha/paso.....	147
2.3 Análisis sensorial.....	151
2.4 Cocientes paso/postura.....	156
2.5 Índices de control del equilibrio (Índices BCI).....	159
2.6 Patrones de normalidad.....	161
<u>3. Resultados de la posturografía dinámica y Sway Star simultáneamente....</u>	170
3.1 Posturografía dinámica computerizada.....	170
3.2 Sistema Sway Star.....	171
<u>4. Correlaciones entre la posturografía dinámica computerizada y Sway Star</u>	175
4.1 Correlaciones con registros independientes.....	175

4.1.1 Equilibrio medio: Composite-BCI.....	175
4.1.2 Análisis sensorial.....	176
a) Contribución visual.....	176
b) Contribución somatosensorial.....	178
c) Contribución vestibular.....	179
4.1.3 Correlaciones entre condiciones y pruebas.....	180
a) Romberg con ojos abiertos en superficie normal.....	180
b) Romberg con ojos cerrados en superficie normal.....	181
c) Romberg con ojos abiertos superficie móvil/espuma.....	182
d) Romberg con ojos cerrados superficie móvil/espuma.....	183
4.1.4 Comparación de resultados del test de organización sensorial al realizarla sin y con Sway Star.....	184
4.2 Correlaciones del registro simultáneo.....	187
4.2.1 Condición 1.....	187
4.2.2 Condición 2.....	188
4.2.3 Condición 3.....	189
4.2.4 Condición 4.....	190
4.2.5 Condición 5.....	191
4.2.6 Condición 6.....	192
VI. DISCUSIÓN.....	195
<u>1. Resultados de la posturografía dinámica computerizada.....</u>	<u>197</u>
1.1 Comentarios sobre los resultados del test de organización sensorial.....	197
1.1.1 Porcentaje de equilibrio.....	197
1.1.2 Análisis de estrategia	200
1.2 Comentarios sobre los límites de estabilidad.....	202

1.2.1 Tiempo de reacción	203
1.2.2 Velocidad del movimiento.....	204
1.2.3 Recorrido.....	205
1.2.4 Control direccional.....	206
<u>2. Sway Star</u>	206
2.1 Comentarios sobre las pruebas estáticas o de postura.....	208
2.2 Comentarios sobre las pruebas de la marcha/paso.....	211
2.3 Comentarios sobre el análisis sensorial.....	214
2.4 Comentarios sobre los cocientes paso/postura.....	218
2.5 Comentarios sobre los índices de control del equilibrio.....	219
2.6 Comentarios sobre los patrones de normalidad.....	220
<u>3. Posturografía dinámica y Sway Star simultáneamente</u>	222
3.1 Posturografía dinámica computerizada.....	223
3.2 Sistema Sway Star.....	224
<u>4. Correlaciones entre la posturografía dinámica computerizada y Sway Star</u>	226
4.1 Correlaciones con registros independientes.....	226
4.2 Correlaciones del registro simultáneo.....	228
VII. CONCLUSIONES	231
Bibliografía	237

AB: ángulo de balanceo.

AI: ángulo de inclinación.

AICA: arteria cerebelosa ántero-inferior (abreviatura anglosajona).

Bal: balanceo.

Barriers: caminar por encima de cuatro barreras (abreviatura anglosajona).

BCI: índice de control del balance (abreviatura anglosajona).

BCIns: índice de control del balance incluyendo escaleras (abreviatura anglosajona).

BCS: resumen del control del balance (abreviatura anglosajona).

CD: control direccional.

CdM: centro de masas.

CdP: centro de presiones.

CG: centro de gravedad.

COND: condición.

CRo: índice vestibular y otros.

CRss: índice somatosensorial.

CRvs: índice visual.

CSA: conducto semicircular anterior.

CSH: conducto semicircular horizontal.

CSP: conducto semicircular posterior.

ESTRAT: estrategia.

FR: formación reticular (FR).

FRE: fascículo retículo-espinal.

FVEL: fascículo vestíbulo-espinal lateral.

FVEM: el fascículo vestibulo-espinal medial.

Incl: inclinación.

LOS: límites de estabilidad (abreviatura anglosajona).

M: mujeres.

ND: núcleo de la raíz descendente.

NL: núcleo lateral.

NM: núcleo mediano o medial.

NS: núcleo superior.

PDC: posturografía dinámica computerizada.

Rec: recorrido.

RVE: reflejos vestibulo-espinales.

RVO: reflejo vestibulo-oculares.

s1eo: posición estática de pie, sobre una pierna, con los ojos abiertos en una superficie normal (abreviatura anglosajona).

s2ec: posición estática de pie, con los ojos cerrados, en una superficie normal (abreviatura anglosajona).

s2ecf: posición estática de pie, con los ojos cerrados, en una superficie de apoyo de espuma (abreviatura anglosajona).

s2eo: posición estática de pie, ojos abiertos, superficie normal (abreviatura anglosajona).

s2eof: posición estática de pie, ojos abiertos, superficie de apoyo de espuma (abreviatura anglosajona).

SNC: sistema nervioso central.

Som: somatosensorial.

SOT: test de organización sensorial (abreviatura anglosajona).

Stairs: subir y bajar escaleras (abreviatura anglosajona).

TR: tiempo de reacción.

V: varones.

VB: velocidad de balanceo.

Vest&oth: vestibular y otros.

VI: velocidad de inclinación.

Vis: visual.

VM: velocidad de movimiento.

w3mec: caminar 3 metros, con los ojos cerrados (abreviatura anglosajona).

w3mph: caminar 3 metros moviendo simultáneamente la cabeza, hacia arriba y hacia abajo, al ritmo del paso (abreviatura anglosajona).

w8tan: caminar 8 pasos en tándem, con los ojos abiertos, en una superficie normal (abreviatura anglosajona).

Hipótesis

1ª afirmación.

La posturografía dinámica computerizada es un sistema de análisis del equilibrio basado en el registro y cuantificación de los desplazamientos del centro de gravedad. Aporta información sobre la situación funcional del equilibrio del sujeto. Permite también analizar la contribución de tres sistemas sensoriales (visual, vestibular y propioceptivo) para la estabilización del centro de gravedad.

2ª afirmación.

El Sway Star es también un sistema de análisis del equilibrio de los sujetos. A diferencia de la posturografía dinámica computerizada, registra y analiza los desplazamientos del tronco en los planos ántero-posterior y lateral. Su diseño y portabilidad permite, al menos teóricamente, el estudio del equilibrio de los sujetos reproduciendo diversas situaciones de la vida cotidiana.

Hipótesis: analizando la posturografía dinámica computerizada y el sistema Sway Star parámetros diferentes relacionados con el equilibrio, ¿serán equivalentes los resultados equilibriométricos de ambas pruebas realizadas en el mismo sujeto?

Introducción

El equilibrio mecánico es un concepto físico muy rígido que se define como la nulidad de la resultante de las fuerzas que actúan sobre un cuerpo. Los seres vivos que se mueven, entre ellos el hombre, no están nunca en un perfecto equilibrio mecánico, debido a que no posee un cuerpo estático o sólido rígido, sino que están continuamente en busca del mismo. Al hacerlo, manifiestan su propiedad, para volver a su posición de equilibrio cuando se les aparta de ella, lo que se conoce como estabilidad o control postural en el ámbito clínico (1). Por ello, el control postural en el hombre, durante la deambulación, bipedestación o sedestación representa la habilidad para mantener el centro de presiones (CdP), dentro de los límites de estabilidad.

El vértigo, el mareo y, en general, los trastornos del equilibrio son, una de las alteraciones con la que con más frecuencia se enfrentan tanto médicos generales como especialistas. En España, se estima que alrededor de un 30% de la población habrá experimentado episodios de vértigo antes de los 65 años (2); en Estados Unidos llegan a hablar de hasta un 65% (3). A estos pacientes hay que añadir un número importante de sujetos que experimentan caídas a partir de esta edad como consecuencia, directa o indirecta, de estas alteraciones y que suponen un grave problema, personal, económico y social (4-9).

Pero debido a la amplia sinonimia utilizada cuando el paciente hace referencia a los diversos grados y tipos de pérdida de equilibrio, debemos ser especialmente cuidadosos a la hora de definir y localizar el origen del trastorno (10-13).

Con vistas a clarificar las posibles situaciones, en 1972, Dachman y Hart propusieron las siguientes posibilidades, donde es encuadrable todo tipo de

desequilibrio: *vértigo, presíncope, desequilibrio y mareo* (14). Además, es fundamental un buen conocimiento de los efectos de la edad sobre el control postural y el equilibrio en general, ya que sólo esto nos permitirá distinguir entre las modificaciones fisiológicas propias del envejecimiento y las alteraciones verdaderamente patológicas (6, 9, 15, 16).

En 1821 Itard relacionaba por primera vez la pérdida de equilibrio con el oído interno (17); en 1827, Purkinje describió un reflejo vestíbulo-espinal, mencionando la sensación de inclinación en una dirección determinada tras la rotación en la dirección contraria (18). En 1853, Romberg (19) comparó la oscilación postural espontánea con los ojos abiertos frente a la oscilación que se produce con los ojos cerrados, para identificar las alteraciones del sistema somatosensorial periférico en sujetos con lúes. Posteriormente Bárány describió la inestabilidad postural y exploró la función vestíbulo-espinal en pacientes afectos de lesiones vestibulares (20).

Ante un paciente aquejado de vértigo o desequilibrio, es necesario valorar tanto el sistema vestíbulo-ocular como el vestíbulo-espinal, puesto que son dos sistemas anatómicamente distintos y sus resultados no pueden ser extrapolados (21,22). A pesar de estas ideas, las técnicas de exploración que registran los movimientos oculares han sido más utilizadas, quedando el estudio del reflejo vestíbulo-espinal en un segundo plano (23-26).

En los últimos años se ha asistido a un profundo cambio en el estudio de estos pacientes. Los avances tecnológicos han permitido el desarrollo de nuevas técnicas de medida que han revolucionado y mejorado la evaluación, el diagnóstico y tratamiento de estos pacientes. Esto ha permitido conocer el estado funcional y detectar el riesgo de caídas (27-29).

1.1 Bases anatómicas y fisiológicas.

El equilibrio en el ser humano depende fundamentalmente de la correcta integración de la visión, el sistema propioceptivo y el sistema vestibular.

El sistema vestibular está constituido a su vez por una parte periférica (receptores sensoriales y vías nerviosas aferentes y eferentes) y de una central (núcleos vestibulares centrales y sus conexiones secundarias con el córtex cerebral y otras regiones encefálicas) (30).

1.1.1. Sistema vestibular periférico.

1.1.1.1 Receptores vestibulares.

Los receptores vestibulares están ubicados en el laberinto posterior membranoso o aparato vestibular, situado en el interior del laberinto posterior óseo del peñasco (31).

El laberinto óseo está formado por una serie de cavidades interconectadas que son el caracol, el vestíbulo y los tres conductos semicirculares. El laberinto membranoso está constituido por el conducto coclear (o caracol membranoso), el sáculo y el utrículo (contenidos en el vestíbulo) y los tres conductos semicirculares membranosos (que se abren al utrículo).

El laberinto membranoso contiene un líquido denominado endolinfa (rica en potasio). Entre el laberinto membranoso y el óseo se encuentra la perilinfa (rica en sodio).

El conducto coclear se comunica con el sáculo a través del *ductus reuniens de Hensen*. El sáculo se comunica a través del conducto sacular con el conducto endolinfático. El utrículo drena en el conducto endolinfático a través del conducto

utricular. El conducto endolinfático, a su vez, drena en el saco endolinfático, lugar donde se reabsorbe la endolinfa, en la cara pósterio-superior del peñasco (en la fosa craneal posterior) (32).

El **utrículo** posee una forma oval, yace en el receso elíptico de la pared medial del vestíbulo y su situación es superior a la del sáculo. Su interior está tapizado por un epitelio plano monoestratificado de células cúbicas ciliadas, cubiertas por una membrana otolítica. En ella se encuentran los otolitos (33), que dan lugar a la mácula utricular o *lapilli*, a nivel del suelo de la pared anterior del utrículo. Se dispone en el plano paralelo al conducto semicircular horizontal (CSH).

El **sáculo** es una estructura aplanada, que yace en el receso esférico de la pared medial del vestíbulo. Está situado por debajo del utrículo. Su interior también está tapizado por un epitelio plano monoestratificado de células cúbicas ciliadas, que se engruesa y diferencia a nivel de la cara profunda del sáculo para formar la mácula sacular o *sagitta*. Ésta se dispone en el plano sagital prácticamente en ángulo recto con la utricular y en un plano paralelo con el conducto semicircular anterior (CSA).

Los tres **conductos semicirculares** óseos ocupan los tres ejes del espacio:

- Verticalmente (45° con el plano sagital):
 - Conducto semicircular anterior (CSA) (o superior).
 - Conducto semicircular posterior (CSP).
- Horizontalmente (30° hacia arriba respecto al plano horizontal):
 - Conducto semicircular horizontal (CSH) (lateral o externo).

Cada uno posee un extremo ampular y otro no ampular. A través de ambos extremos se abren en el vestíbulo, desembocando juntos, el extremo no ampular

de los conductos anterior y posterior (formando la *crus comune*), por lo que existen sólo cinco orificios de desembocadura en el vestíbulo.

Los conductos semicirculares membranosos se disponen excéntricamente en el interior de sus homólogos óseos, siendo su calibre la cuarta parte de éstos. Cada uno forma dos tercios de circunferencia con un diámetro de 6.5 mm (34). Comienzan y terminan en el utrículo, con el que forman una unidad anatómo-funcional (31). Cerca del utrículo, cada conducto tiene una dilatación, la ampolla membranosa. Perpendicularmente a su eje longitudinal la cruza una cresta a manera de septum, sobre la que descansa el epitelio neurosensorial (células ciliadas), cuyos cilios se introducen en una membrana gelatinosa, denominada cúpula. La cúpula sella herméticamente la ampolla, de manera que la presión endolinfática de un lado no pasa al otro lado de ella (35).

Por tanto, los receptores vestibulares están localizados en cinco órganos: la mácula sacular, la mácula utricular y las crestas ampulares de los tres conductos semicirculares.

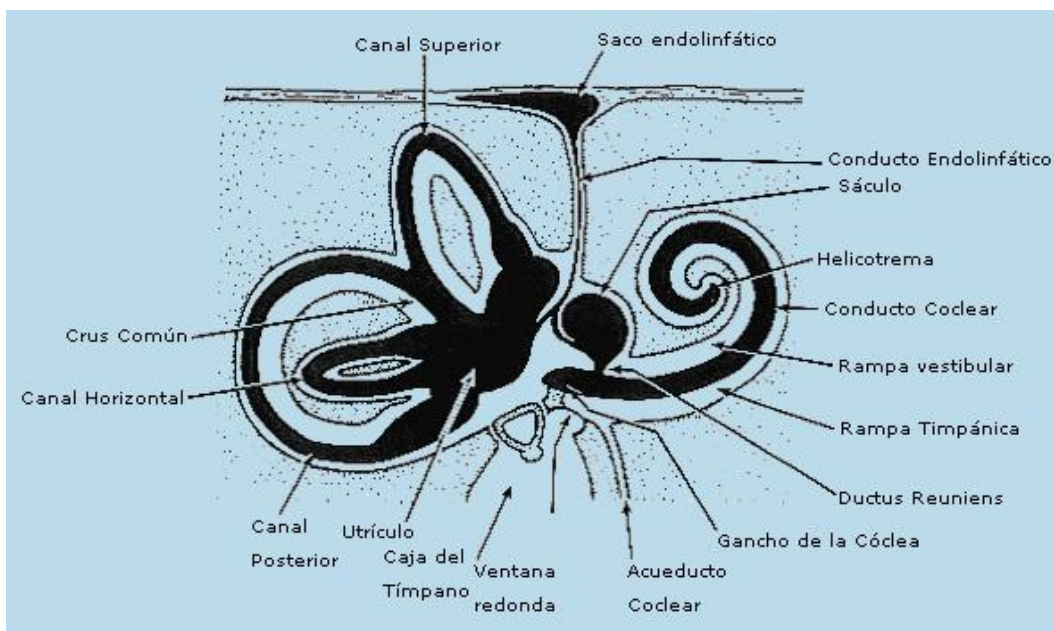


Figura 1: Esquema de las estructuras del oído interno con sus dos compartimentos (36).

A. Epitelio neurosensorial.

Existen dos tipos de receptores vestibulares: las **crestas**, ubicadas en los conductos semicirculares, y las **máculas**, contenidas en el utrículo y el sáculo. Se calcula que existen unas 7600 células ciliadas en cada conducto cresta, 18000 en la mácula sacular y 33000 en la mácula utricular (31).

Como podemos ver en la figura 2, cada receptor contiene dos tipos de células ciliadas, las tipo I y las tipo II. La **célula ciliada de tipo I** tiene forma de ánfora griega (célula en garrafa o en botella). En su superficie apical presenta una banda de estereocilios (80-100) dispuestos en hileras, con una longitud que se incrementa escalonadamente a medida que se aproxima hacia el quinocilio (37). El quinocilio es una estructura ciliar única y más larga que emerge del cuerpo basal de la célula, siendo el responsable de la polaridad, adoptando una disposición distinta según el conducto semicircular del que se trate. Así, en el conducto horizontal está orientado hacia el utrículo, al contrario que en los otros dos conductos (anterior y posterior). Su polo basal está rodeado por una terminación nerviosa aferente primaria o cáliz, que puede envolver a más de una célula simultáneamente (38).

La **célula ciliada tipo II** se considera filogenéticamente más antigua que la de tipo I. Se diferencia principalmente en su morfología (forma cilíndrica) y en su inervación (contacta en sus superficies basales con terminaciones nerviosas en botón aferentes y eferentes).

La razón de células ciliadas I/II varía entre las especies animales y se cree que en los primates predominan las de tipo I. Remedando la estructura de la retina, se han definido zonas especializadas dentro del epitelio neurosensorial vestibular, la central y la periférica; y se han definido también tres tipos de

terminaciones aferentes: en cáliz, en botón y dismórficas (que contienen los dos tipos de terminaciones antedichas) con distribución y funcionalidad características (38).

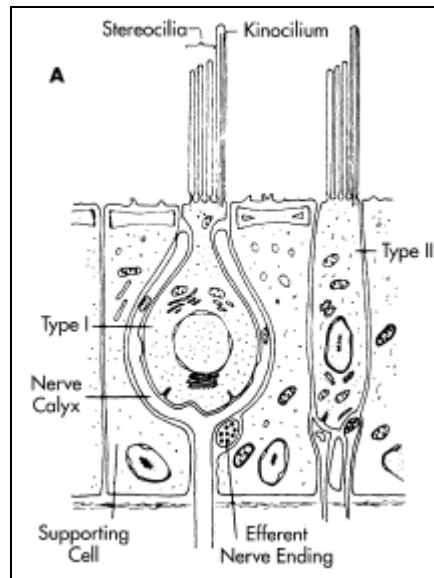


Figura 2: Microanatomía de las células ciliadas vestibulares (39).

B. Transducción.

Las células ciliadas son las encargadas de transformar la energía de los estímulos mecánicos en energía bioeléctrica, produciendo potenciales de acción. La estimulación de las células ciliadas aumenta o disminuye su actividad permanente, produciendo una respuesta excitatoria o inhibitoria, según el sentido o dirección del movimiento desplazador de los estereocilios. La actividad de las células ciliadas viene determinada por su polarización morfofuncional, estando ésta relacionada con la orientación de los estereocilios con relación al quincilio (40).

La energía mecánica del flujo endolinfático produce el desplazamiento o inclinación de los estereocilios en dirección hacia el quincilio. Esto induce la

entrada de sodio en la célula, produciendo una excitación celular positiva (pasa de -80mV a -60mV) y despolarización hacia su polo basal. Se libera así el contenido en neuromedadores (glutamato) de las vesículas que rodean la barrera sináptica, con la consecuente descarga de las fibras aferentes. El potencial receptor es proporcional a la intensidad del estímulo mecánico.

El movimiento en el sentido contrario produce una hiperpolarización (interior celular más negativo -120mV) y, como consecuencia, una inhibición de la liberación de mediadores sinápticos con la consiguiente disminución de descargas nerviosas o inhibición de las mismas.

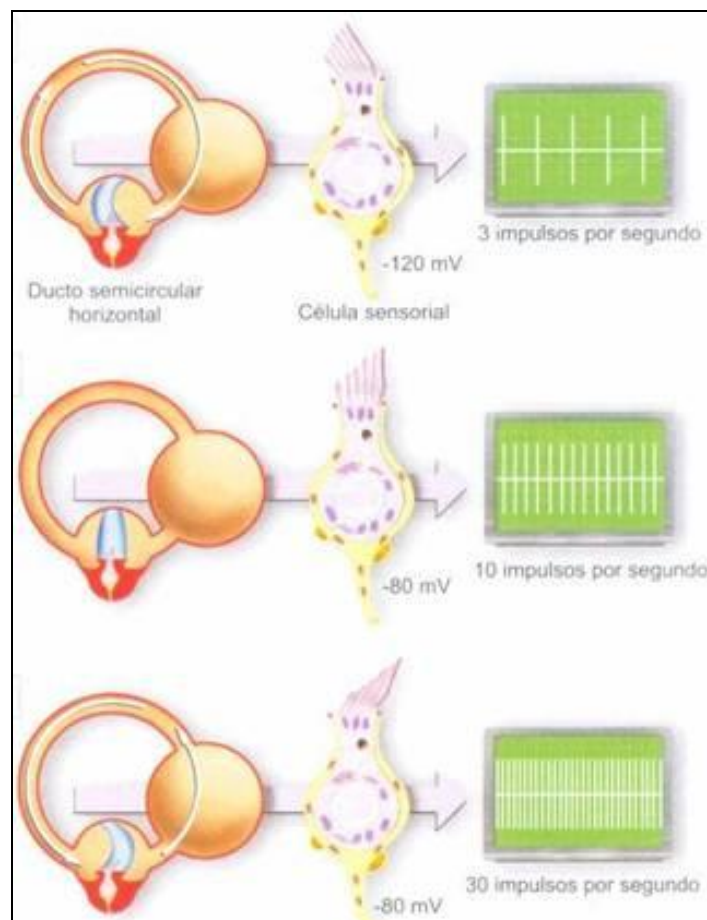


Figura 3: Transducción: movimiento de los estereocilios en función al quincilio. A) Hiperpolarización. B) Reposo. C) Despolarización (41).

1.1.1.2 Líquidos laberínticos.

Los líquidos laberínticos tienen diversas funciones: metabólica, mecánico-estimuladora y bioquímica.

La **endolinfa** la producen por un epitelio secretorio diseminado por diferentes regiones de la porción membranosa del laberinto (estría vascular, vestíbulo y *planum semilunatum* de los conductos semicirculares). Presenta concentraciones altas en potasio y bajas en sodio, similar a los del líquido intracelular, y se cree que es la responsable de producir las fuerzas inerciales que excitan los receptores vestibulares. La **perilinf**a, rica en sodio y pobre en potasio, es similar a los líquidos extracelulares. Su función parece ser la amortiguación de las vibraciones óseas e impedir la parasitación de la respuesta de las células sensoriales (37).

1.1.1.3 Vascularización.

Toda la vascularización arterial depende de una sola arteria: la **arteria auditiva interna**, también conocida como arteria laberíntica (*A. Labyrinthi*). Esta disposición hace que la vascularización laberíntica sea terminal, no poseyendo red anastomótica, con las consecuencias clínicas que de ello se derivan (32, 42). Lo más frecuente es que la arteria auditiva interna nazca de un bucle de la arteria cerebelosa antero-inferior (AICA), rama de la arteria basilar, pero también puede nacer de forma directa de la arteria basilar.

Como observamos en la figura 4, la arteria auditiva interna se divide en dos ramas (32):

- Arteria coclear común: nutre todas las partes remanentes de la cóclea.
- Un tronco común que se divide en dos ramas:

* Arteria vestibular anterior: que da ramas para el utrículo, la mayor parte de los conductos semicirculares anterior y horizontal, y una pequeña parte del sáculo.

* Arteria vestíbulo-coclear: irriga entre la mitad y las dos terceras partes de la espira basal de la cóclea, la mayor parte del sáculo, cuerpo del utrículo, conducto semicircular posterior y parte del anterior y del horizontal.

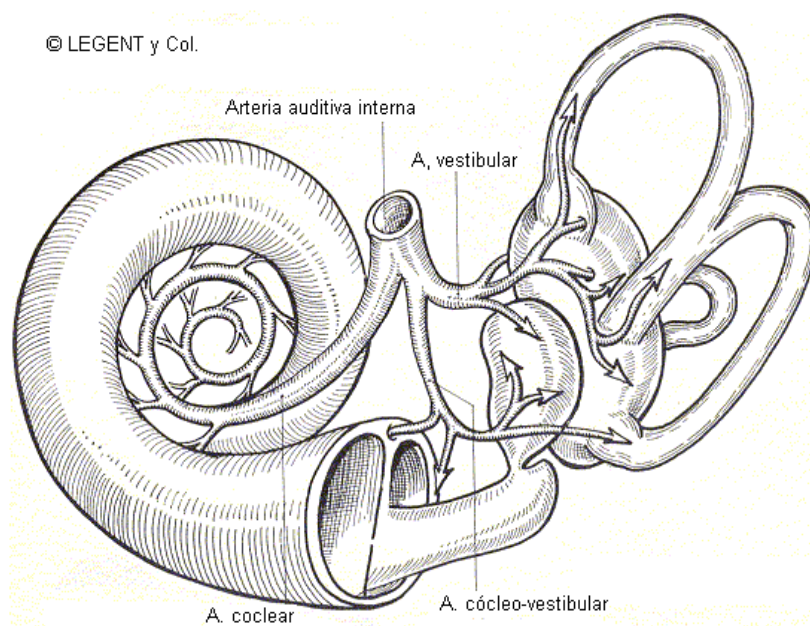


Figura 4: Vascularización (36).

El drenaje venoso del laberinto está a cargo de la vena del acueducto coclear. Las venas modiolares espirales apical y basal drenan las respectivas partes de la cóclea. Es probable que haya un drenaje venular adicional en la cóclea por conexiones con vasos del hueso circundante y con venas del conducto auditivo interno (venas auditivas internas). Los conductos venosos de los conductos semicirculares y del vestíbulo están representados por las venas vestibulares anterior y posterior, las cuales, son a su vez tributarias de la vena del acueducto coclear (43).

1.1.1.4 Inervación.

El CAI forma un túnel excavado en la cara posterior-superior del peñasco de unos 10 mm de largo y 5 mm de ancho. Su parte medial se abre en la cisterna del ángulo ponto-cerebeloso y la lateral se dispone en un punto medio entre la cóclea y el laberinto posterior, en cuyo extremo se encuentra la lámina cribosa. El VIII par craneal se compone de una raíz coclear auditiva, compuesta de unas 30.000 fibras que ocupan la parte anteroinferior del CAI, y de otra raíz vestibular que cuenta con unas 20.000 fibras localizadas en la mitad posterior. El nervio facial discurre por el cuadrante ántero-superior.

Las fibras nerviosas aferentes y eferentes vestibulares y cocleares atraviesan la lámina cribosa por múltiples perforaciones y entran en la cavidad laberíntica, con el objeto de conectarse con los receptores sensoriales. Las neuronas aferentes vestibulares poseen su núcleo en el ganglio vestibular de Scarpa, situado en el interior del CAI. Se subdivide en el ganglio vestibular superior y el inferior, asociado cada uno a una rama nerviosa. El nervio vestibular superior (o anterior) inerva a las crestas de los conductos semicirculares horizontal y anterior, la mácula del utrículo y la parte anterosuperior de la mácula sacular. El nervio vestibular inferior (o posterior) lo hace en la cresta del conducto semicircular posterior y la mayor parte de la mácula del sáculo.

Las fibras aferentes vestibulares primarias (dendritas de las neuronas bipolares del ganglio de Scarpa) son gruesas y tienen una cubierta de mielina que desaparece al atravesar la membrana basal del epitelio sensorial. Sus terminaciones son en cáliz para las células ciliadas de tipo I y en botón para las células de tipo II, como dijimos antes. Las fibras eferentes son más delgadas y con apenas mielina. Son axones de las neuronas del núcleo vestibular lateral de

Deiters. Terminan en botón en la base de las células tipo II y en la fibra aferente o en el cáliz neural de las células tipo I a modo de sinapsis entre axón y dendrita. Suponen un 10% de las fibras que llegan a los receptores vestibulares. Su finalidad es la estabilización de los parámetros del sistema y el control de la actividad de los receptores y de las fibras aferentes (34).

1.1.1.5 Fisiología de los receptores vestibulares.

Los conductos semicirculares perciben la aceleración angular de la cabeza, mientras que los órganos otolíticos (receptores maculares) perciben la aceleración lineal de la misma y la posición de la cabeza con respecto a la gravedad.

El utrículo y el sáculo son sensores para las aceleraciones lineales con lo que se convierten en instrumentos de medida que determinan la posición de la cabeza en el campo de la gravitación terrestre. Nos van a indicar el valor del ángulo de la inclinación de la cabeza con respecto al sentido de la gravedad, el de la intensidad y el de la dirección del movimiento, puesto que poseen mayor densidad que la endolinfa. Cuando una aceleración lineal actúa sobre estos receptores, bien asociada a la fuerza de la gravedad en reposo o bien a otro tipo de fuerza con aceleración lineal en los movimientos cefálicos, la membrana otolítica se mueve por inercia tangencialmente a la superficie del epitelio sensorial de la mácula, flexionando los cilios en una u otra dirección. Este comportamiento queda resumido en la siguiente fórmula:

$$\mathbf{F = mg \times \text{sen } \theta}$$

*Siendo “ θ ” el ángulo de la inclinación de la cabeza, “g” la gravedad y “m” la masa de los otolitos.

El estímulo mecánico efectivo para las células sensoriales es entonces una fuerza de flexión, provocada por la aceleración lineal que tenga un componente en su plano, lo que produce el deslizamiento de las estatocónias sobre la superficie de la mácula. Los receptores maculares presentan una disposición muy compleja, encontrándose ejes de polaridad con orientaciones múltiples. Como se ha descrito, la mácula utricular se dispone en un plano horizontal y la sacular en uno sagital; en la primera, los quinocilios se orientan hacia la estriola y en la segunda en sentido contrario. Además, las máculas no tienen una superficie plana, lo que hace que las estriolas se dispongan como líneas curvadas en el espacio. Así, las inclinaciones y desplazamientos cefálicos van a determinar siempre excitación a un lado de la estriola e inhibición al otro. Estos fenómenos son idénticos en puntos homólogos de las máculas, encontrando así siempre una excitación máxima en alguna de las zonas del epitelio sensorial.

Dada esta disposición de las máculas en los tres planos del espacio, el sistema nervioso central (SNC) puede identificar cualquier movimiento en los tres ejes espaciales (34).

Las células de la mácula utricular responden principalmente a fuerzas que actúan en el plano vertical. En bipedestación y con la cabeza en reposo, la excitación será mínima en el utrículo y máxima en el sáculo porque los otolitos de la mácula utricular descansarán sobre el epitelio sensorial sin producir flexión de los cilios, sucediendo al revés en las máculas saculares. Con la cabeza ladeada o en decúbito lateral, la flexión de los cilios será máxima en el utrículo y mínima en el sáculo (31).

El valor del estímulo mecánico (fuerza de deflexión) se comporta como una función senoidal, por lo que crece como el cuadrado del seno del ángulo θ ,

aumentando rápidamente incluso con desviaciones mínimas de la posición de reposo. Dada la particular disposición de las máculas en el cráneo, existe un desfase en el valor del estímulo mecánico de 90° entre el utrículo y el sáculo que se mantiene en las distintas posiciones en el espacio. Estos valores se comportan como una función del seno del ángulo θ en el utrículo y como función del coseno de θ en el sáculo. La entrada de información es continua y de manera simultánea sobre el ángulo de inclinación de la cabeza en forma de función del seno y del coseno, lo que desempeña un papel esencial en la orientación espacial (31).

1.1.2. Sistema vestibular central.

1.1.2.1 Núcleos vestibulares.

Los núcleos vestibulares constituyen los cuerpos celulares de las segundas neuronas de la vía vestibular con las que van a hacer sinapsis los nervios vestibulares homolateralmente. Se encuentran agrupados formando cuatro núcleos principales y una serie de pequeños grupos neuronales asociados a ellos. Los núcleos principales son constantes en todas las especies, mientras que los accesorios son variables (31, 44).

El área de localización de estos núcleos se denomina área vestibular bulbo-protuberancial, situada en el suelo del cuarto ventrículo. Los límites de esta área son: por detrás, el ala blanca externa del suelo del cuarto ventrículo; por fuera, el pedúnculo cerebeloso inferior; por delante, la raíz descendente del V par; por abajo, el núcleo de Goll y de Burdach; y por arriba, el plano del núcleo del VI par.

A continuación vamos a exponer las características más importantes de cada uno de estos núcleos.

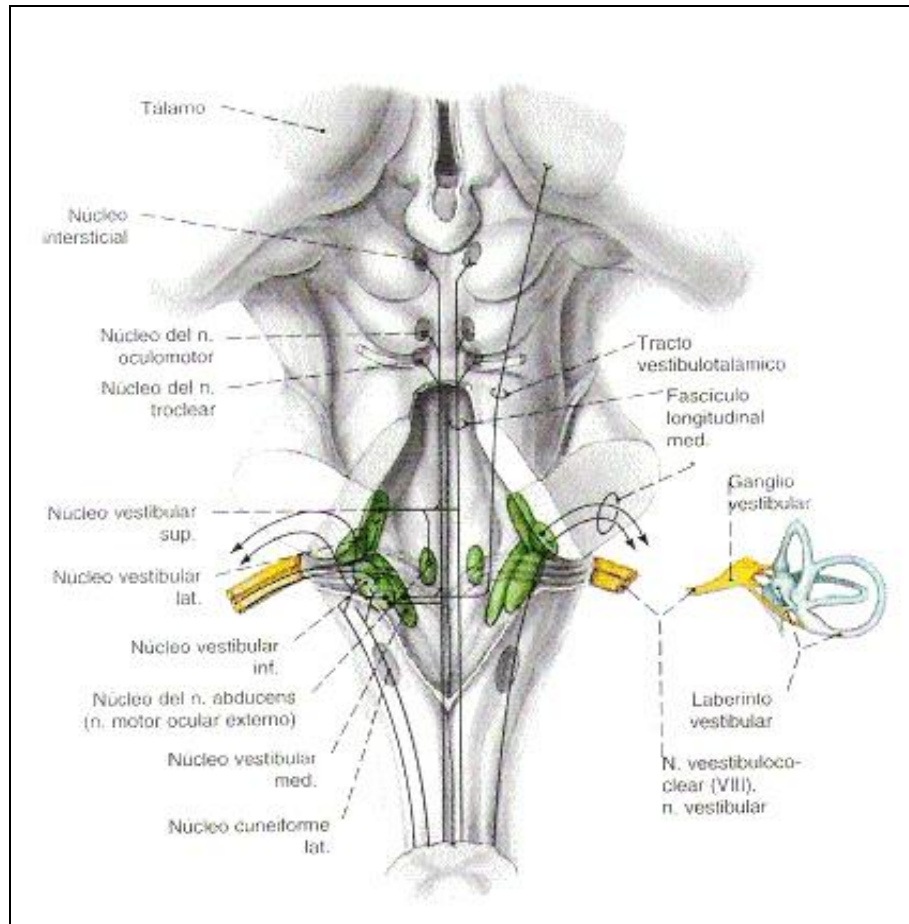


Figura 5: Esquema de las vías vestibulares (45).

A. Núcleo triangular de Schwalbe, núcleo mediano, núcleo medial o núcleo interno (NM).

Es el más voluminoso y el más interno del piso medio. Se encuentra situado por dentro del núcleo del VI par, por fuera del núcleo de Deiters (que constituye su límite lateral rostralmente), por encima del núcleo de Betcherew y por debajo de los núcleos de Goll Burdarch y von Monakow. Es el núcleo con mayor concentración de neuronas de tamaño pequeño y mediano, con unas 128.000 y un diámetro medio de 28 μm (46, 47). Además de las aferencias vestibulares, en su parte caudal recibe aferencias espinales y del cerebelo, estableciendo numerosas conexiones comisurales con su homónimo contralateral.

Es origen del fascículo vestíbulo-espinal medial, y en su parte rostral se localizan neuronas que se proyectan hacia los núcleos de motoneuronas extraoculares y a la médula cervical. Esto lo convierte en un importante centro de coordinación entre los movimientos de los ojos, cabeza y cuello. Otras eferencias van al cerebelo vestibular y a la formación reticular. También por sus prominentes conexiones intercomisurales es importante en los procesos compensadores tras las lesiones vestibulares periféricas.

B. Núcleo de Deiters o núcleo lateral (NL).

Es el más superficial del piso medio y se localiza medialmente a la entrada del nervio vestibular. Está situado entre el núcleo triangular por dentro y el cuerpo restiforme por fuera. Por encima está el núcleo de Betcherew y por debajo el núcleo de Roller. Forma parte en toda su extensión del suelo del IV ventrículo. Consta de unas 25.000 neuronas, entre ellas, el 12% son las neuronas gigantes de Deiters, que son multipolares y miden 50-100 micras de diámetro máximo (46, 47).

Según sus conexiones aferentes se puede dividir en dos zonas: una parte retroventral, que recibe aferencias utriculares y saculares y algunas aferencias del CSA; otra parte dorsocaudal, que recibe aferencias del cerebelo y de la médula espinal, siendo ésta la única parte de los NV que no recibe aferencias del nervio vestibular.

De él parte el fascículo vestíbulo-espinal lateral para las astas anteriores de la médula. La porción retroventral se proyecta sobre la médula cervical; la porción dorsocaudal, sobre la médula lumbar y sobre los músculos extensores cervicales.

C. Núcleo de Betcherew o núcleo superior (NS).

Por dentro, se relaciona con la rodilla del VII par; por fuera, con el ángulo lateral del cuarto ventrículo y por delante, con la raíz descendente del V par. Contiene unas 22.000 neuronas.

La mayoría de las aferencias vestibulares primarias periféricas proceden de los conductos semicirculares y del cerebelo.

Los axones de sus neuronas se unen en el fascículo longitudinal medial para inervar los núcleos motores de los músculos extraoculares. Otros se proyectan al cerebelo, a la formación reticular y al tálamo. La principal función de este núcleo es regular el reflejo vestíbulo-ocular mediado por los conductos semicirculares.

D. Núcleo de Roller, núcleo inferior o núcleo de la raíz descendente (ND).

Está situado por debajo del núcleo de Deiters y pegado a él, de tal forma que puede ser difícil diferenciar los límites entre ambos, por dentro del cuerpo restiforme y por fuera de la raíz descendente del núcleo vestibular. Contiene unas 56.000 neuronas. Su parte dorsomedial forma parte de la zona I.

Sus aferencias proceden fundamentalmente del aparato vestibular periférico, de la médula espinal y de la úvula cerebelosa. Sus eferencias son fundamentalmente cerebelosas, reticulares, espinales y oculomotoras.

E. Núcleos accesorios.

Además de los núcleos principales, existen otros pequeños grupos neuronales asociados a ellos como pueden ser el denominado núcleo de

Lewandowsky (situado por encima del núcleo de Betcherew y por debajo del núcleo de Deiters) y otros más.

A modo de resumen, podríamos decir, que los diversos componentes sensitivos del laberinto poseen una representación en los NV muy precisa:

- Las fibras de los conductos semicirculares acaban en el núcleo de Betcherew y en el núcleo triangular.
- Las fibras utriculares van a la parte latero-ventral del núcleo de Deiters.
- Las fibras saculares van a parte latero-dorsal del núcleo de Roller.

El conjunto de los núcleos vestibulares, desde el punto de vista de exploración vestibular, pueden ser considerados como un único elemento anatómico-funcional. Otoneurológicamente no tiene demasiado interés individualizarlos (48).

1.2.2.2 Patrones de conexión de los núcleos vestibulares.

A. Aferencia de los núcleos vestibulares.

a) Aferencias vestibulares primarias a los núcleos vestibulares.

Como ya mencionamos con anterioridad, la primera neurona de la vía vestibular está representada por el ganglio vestibular o ganglio de Scarpa. Recibe las aferencias que lleva el nervio vestibular superior (desde utrículo, conducto anterior y conducto horizontal), y el nervio vestibular inferior (desde sáculo y conducto posterior) (49, 50, 51).

Las proyecciones del nervio vestibular se distribuyen sobre la mayor parte de las distintas áreas de los núcleos vestibulares, salvo algunas excepciones. Sobre las áreas restantes de los núcleos se distribuye la inervación vestibular primaria (47, 52).

En la denominada zona I (parte caudal del NS, la rostrolateral del NM y ND y la ventromedial del NL) la densidad de inervación es muy importante. Sobre esta zona, formada por neuronas grandes que envían sus axones a los núcleos oculomotores, se proyectan la totalidad de los receptores vestibulares, desempeñando un papel capital en el reflejo vestíbulo-ocular (47, 52, 53).

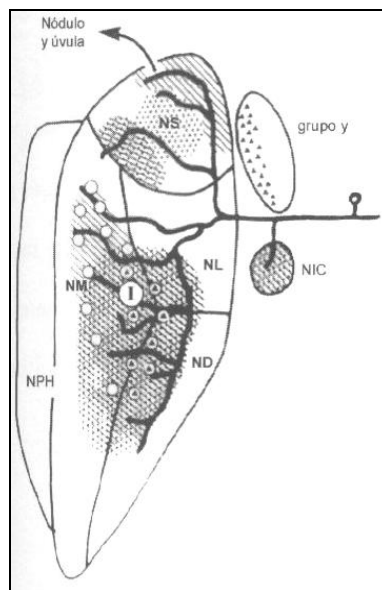


Figura 6: Aferencias vestibulares primarias. Las proyecciones de los CSH y CSA se representan con líneas, las del CSP con puntos, las del utrículo con círculos y las del sáculo con triángulos (54).

b) Aferencias espinales a los núcleos vestibulares.

Desde distintos niveles de la médula salen aferencias a los núcleos vestibulares. La mayoría se originan en los segmentos cervicales y son fibras propioceptivas de ligamentos y articulaciones vertebrales, existiendo conexiones tanto ipsilaterales como contralaterales. El lugar de terminación de estas fibras es el NM caudal y el ND, finalizando algunas de ellas en el NL dorsal. Su escaso número y el importante papel que juegan los propioceptores cervicales en el control postural y los movimientos óculo-cefálicos han sugerido que la mayor parte de las aferencias espinales hacen escala en la formación reticular (44).

c) Aferencias del cerebelo a los núcleos vestibulares.

El cerebelo es una de las principales fuentes de información de los núcleos vestibulares; se conecta homolateralmente con todos ellos, salvo con el NL, el cual recibe pocas fibras.

- El flóculo se proyecta sobre la parte central del NS y la rostral del NM, relacionadas con el reflejo vestibulo-ocular.
- La úvula y el nódulo se conectan sobre la región periférica del NS y la mitad caudal del NM y del ND (55), parte de los núcleos que reciben aferencias del núcleo fastigio y que participan en los reflejos vestibulo-espinales.
- El vermis establece importantes conexiones con las neuronas del NL que van a dar origen al fascículo espino-cerebeloso. La vía por la que se va a proyectar el vermis sobre los núcleos vestibulares es doble: una directa (que finaliza en la parte dorsal del NL) y otra indirecta (a través del núcleo fastigio). La estimulación del vermis va a inhibir el NL mediante GABA (54).

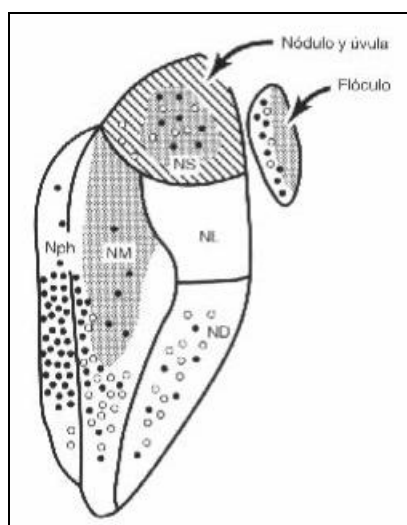


Figura 7: Interconexiones del cerebelo y los núcleos vestibulares. Las células que se proyectan sobre el flóculo se representan por círculos negros, y las que lo hacen sobre la úvula y el nódulo, por círculos blancos. Las proyecciones desde el flóculo se muestran mediante líneas, y las de la úvula y nódulo, con puntos (54).

d) Otras aferencias a los núcleos vestibulares.

A los núcleos vestibulares de un lado llegan aferencias de los núcleos contralaterales que aseguran un funcionamiento coordinado, a pesar de la unilateralidad de las aferencias vestibulares primarias. Los núcleos que participan en este sistema comisural son fundamentalmente el NS y el NM, con una pequeña participación del ND. Esto colabora, en cierta medida, al mecanismo de compensación vestibular central tras una lesión periférica (56).

Por otra parte, la formación reticular, la oliva inferior y la corteza parietal se conectan también con los núcleos vestibulares.

e) Aferencias vestibulares primarias al cerebelo.

Al igual que en los núcleos vestibulares, las aferencias vestibulares primarias al cerebelo son homolaterales, terminando en el nódulo, la úvula y en menor medida en el flóculo. Aquí van a confluir señales sensoriales de distinto origen:

- la información vestibular primaria y secundaria (originada en los núcleos de ambos lados).
- la información vestibular terciaria que procede de la oliva inferior (donde confluyen mensajes originados en los receptores del oído interno).
- la información visual.

Al procesarse toda esta información conjuntamente, las señales que generan van a permitir al nódulo y a la úvula elaborar una representación tridimensional de los movimientos corporales (44, 47, 57).

Los núcleos cerebelosos, sobre todo los núcleos dentado y fastigio, también reciben terminaciones vestibulares primarias homolaterales.

B. Proyecciones del complejo vestibular nuclear.

De las segundas neuronas, que tienen su cuerpo celular en los núcleos vestibulares, los axones se proyectan sobre:

a) Núcleos óculo-motores

El núcleo vestibular superior envía proyecciones al núcleo del motor ocular común ipsilateral. El núcleo medial conecta con los núcleos óculo-motor y troclear contralaterales. El núcleo lateral contacta con el núcleo óculo-motor y el núcleo abducens. Hay fibras directas, que ordenan el aumento del tono en los músculos inervados por los núcleos óculo-motores en un lado, y fibras cruzadas, inhibitorias del tono en el lado contralateral. Estas conexiones dan soporte al reflejo vestíbulo-ocular. Son responsables de los movimientos oculares en el nistagmus y de la fijación de la mirada en los movimientos de aceleración (50).

b) Asta anterior de la médula.

Estas proyecciones son el soporte del reflejo vestíbulo espinal. De los núcleos lateral, medial y dorsal salen las fibras que forman el fascículo vestíbulo-espinal y contactan con interneuronas y motoneuronas alfa del asta anterior de la médula. Existen fibras directas y cruzadas con acción recíproca. Esta proyección explica los movimientos reflejos de sostén y enderezamiento (50).

Los núcleos vestibulares se proyectan a la médula espinal mediante tres vías principales:

- El fascículo vestibulo-espinal lateral (FVEL) se origina en el NL y desciende homolateralmente por el cordón ántero-lateral de la médula, para terminar en las láminas VII y VIII de Rexed (interneuronas) y la IX (motoneuronas alfa) del asta anterior. La función de este fascículo es favorecer el tono de la musculatura extensora de forma directa o indirecta (a través de las interneuronas) (31, 58).
- El fascículo vestibulo-espinal medial (FVEM) se origina principalmente en el tercio rostral del NM y, de manera secundaria, en la parte adyacente del NL y en la porción rostral del ND. Se proyecta bilateralmente, si bien con predominio ipsilateral, distribuyéndose desde las láminas IV a IX del nivel medio torácico. Cada axón emite colaterales a motoneuronas que inervan diversos músculos cervicales para realizar movimientos compensadores de la cabeza en el plano del conducto semicircular estimulado. Por otro lado, casi la mitad de las neuronas vestibulares que se proyectan sobre los núcleos oculomotores dan colaterales descendentes que se incorporan al fascículo longitudinal medial descendente. El fascículo vestibulo-espinal medial participa simultáneamente en el control de los reflejos vestibulo-oculares y vestibulo-cervicales, con el objetivo de regular los movimientos cérvico-oculares para mantener la orientación espacial (31).
- El fascículo vestibulo-espinal caudal se origina en la parte caudal del NM y ND, y termina en el engrosamiento lumbar. Los axones de las células de los cuatro principales núcleos vestibulares se distribuyen en la formación reticular pontomedular, aunque también existe un pequeño número de

fibras vestibulares primarias que contactan directamente con esta formación.

Por tanto, el fascículo retículo-espinal es una vía indirecta para el control vestibular de los mecanismos espinales. Según provenga de la parte rostral o caudal de la sustancia reticulada, tiene un efecto excitador o inhibitor sobre el conjunto de las motoneuronas de los extensores o de los flexores (44, 47, 56).

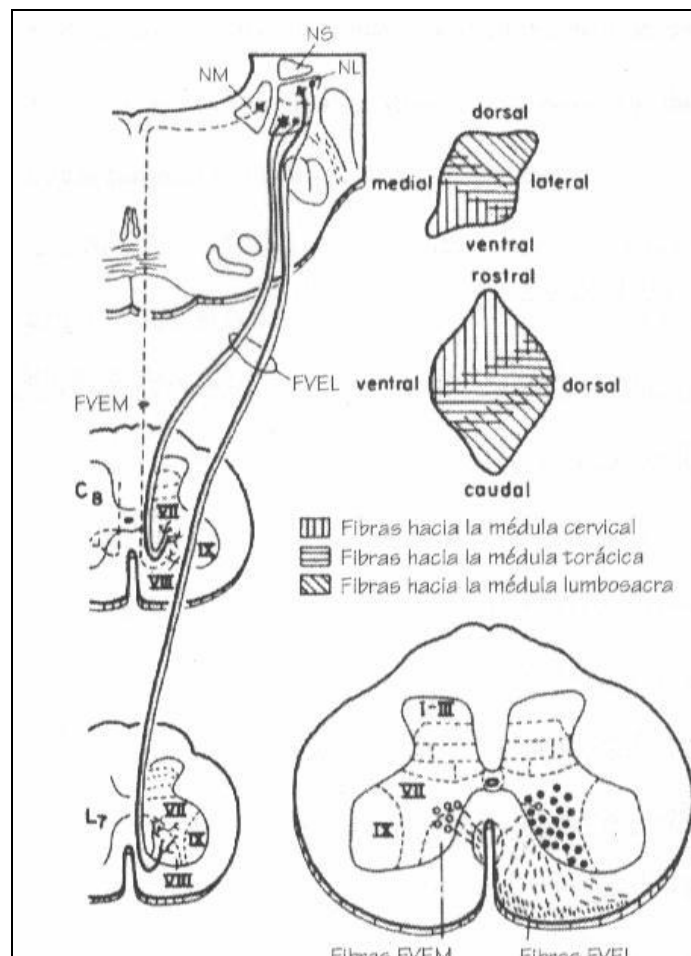


Figura 8: Esquema de las vías vestibulo-espinales. Organización somatotópica del NL (59).

c) Sistema nervioso autónomo.

Fibras de la vía vestibulo-autónoma discurren desde los núcleos vestibulares por una vía ascendente (noradrenérgica), que va hacia el complejo parabranchial y de allí a los núcleos dorsal del vago y ambiguo y a la formación reticular pontina

ventrolateral, y otra descendente (serotoninérgica), que se dirige al núcleo del tracto solitario, los núcleos dorsal del vago y ambiguo y la formación reticular pontina ventrolateral. Las conexiones vestíbulo-parasimpáticas son responsables de la reacción vegetativa vagal que acompaña a las sobreestimulaciones vestibulares y a los cuadros de vértigo (50).

d) Cerebelo.

Existen conexiones aferentes y eferentes con el lóbulo floculonodular (vestíbulo-cerebelosas y cerebelo-vestibulares). Realizan funciones facilitadoras e inhibitoras del tono muscular, al modular la información vestibular y la consecución del tono mediada por el cerebelo. Las conexiones vestíbulo-cerebelo-vestibulares forman además un conjunto de circuitos de retroalimentación, que hacen posibles las reacciones corporales estáticas y dinámicas (cinéticas) de naturaleza laberíntica y propioceptiva. Estas reacciones son de carácter reflejo y subconsciente, adecuadamente controladas y rectificadas por la intervención de la corteza cerebelosa, auténtico almacén o memoria de experiencias reflejas. Las áreas cerebelosas implicadas reciben también aferencias desde: médula espinal, corteza cerebral, vía coclear, vía óptica y propioceptiva de la musculatura extrínseca del ojo (50).

e) Hipotálamo.

Existen conexiones entre los núcleos vestibulares y el núcleo rojo (vestíbulo-rúbricas) implicadas en los reflejos de enderezamiento (50). Desde el NS, el NL y el ND las neuronas se proyectan hacia el tálamo siguiendo dos vías; la más importante la anterior, que termina en el núcleo lateral central y en los

intralaminares. La otra proyección es sensiblemente menor y termina en el cuerpo geniculado medial. Desde estos lugares se proyectan a zonas de la corteza parietotemporal (60).

f) Formación reticular.

Los núcleos gigantes, parvicelular y abducens de la formación reticular reciben fibras vestibulares aferentes y eferentes (50).

g) Corteza cerebral.

A las distintas zonas de la corteza asociativa parietotemporal, principalmente las áreas retroinsular, 3aV y T3. En estas áreas confluyen señales propioceptivas, visuales y vestibulares que, al ser integradas, proporcionan un marco consciente de la orientación corporal en el espacio (47, 57).

1.2 Fisiología del equilibrio.

1.2.1. Concepto de equilibrio.

El equilibrio es una actividad refleja mediante la cual, el ser humano puede mantener su postura corporal con respecto a la gravedad y al medio inercial, sin caerse. Para ello, es necesario, por una parte, conseguir un campo visual estable, coordinando los movimientos cefálicos y oculares (sistema vestíbulo-ocular); y por otra parte, mantener el tono muscular, coordinando los movimientos de la musculatura esquelética (sistema vestíbulo-espinal), con el fin de que el centro de gravedad quede dentro de la base de sustentación (61). Además de esto, es necesaria la orientación temporal (31, 62, 63).

Existen tres clases de equilibrio:

- **Equilibrio estático:** el cuerpo se halla en reposo, únicamente sometido a la acción de la gravedad. Este equilibrio es obra de la contracción muscular sostenida o tono muscular. Su aprendizaje es lento y exige el desarrollo de un complicado mecanismo neuromuscular en el que se integran y elaboran multitud de reflejos, especialmente tónicos (31). Todos los seres vivos se encuentran sometidos a la fuerza constante de la gravedad que los sujeta a la superficie de la tierra. Esta fuerza ha forzado en la escala animal a la creación de un sistema para luchar contra ella y poder mantener un equilibrio estático y dinámico. Este sistema es tanto más complejo cuanto menor es la base de sustentación de un cuerpo y más elevado está el centro de gravedad con arreglo a esa base. Cumplir esta función no es tarea fácil en el hombre, ya que su base de sustentación es muy pequeña (planta de los pies) y el centro de gravedad de su cuerpo está situado muy alto con relación a la base de sustentación. Por esto, el hombre es un animal con unas condiciones pésimas para mantener el equilibrio estático y óptimas para el dinámico, ya que si bien la pobre relación base-centro de gravedad facilita la caída, también facilita el movimiento (62).
- **Equilibrio cinético:** el cuerpo se halla en reposo, pero sometido pasivamente a un movimiento de translación rectilíneo y uniforme (31).
- **Equilibrio dinámico:** el sujeto realiza movimientos parciales o totales del cuerpo, cambiando activamente de posición en el espacio y en el tiempo, de lo que resulta un desplazamiento, evitando en todo momento la caída o el error de cálculo. En estas circunstancias, actúan

simultáneamente sobre el cuerpo la gravedad y varias fuerzas de direcciones diversas. El equilibrio se mantiene cuando el centro de gravedad queda dentro del área que constituye la base de sustentación. El mantenimiento del equilibrio se logra mediante un complicado proceso neuromuscular y exige la existencia de una retroalimentación sensoriomotora (31).

El ser humano va adquiriendo su capacidad para mantener el equilibrio mediante un aprendizaje motor. A través de este proceso se adquieren multitud de patrones, modelos y mecanismos para reajustar reflejamente y con precisión, la actividad muscular en cada momento, de forma que el cuerpo esté equilibrado. Al ser fruto de un aprendizaje, el control del equilibrio varía ampliamente entre personas sanas.

1.2.2. Función del equilibrio.

La función del equilibrio puede ser subdividida en:

- **Control postural:** permite mantener una posición espacial del cuerpo y sus segmentos correcta y acorde con el entorno, tanto en reposo como en movimiento.
- El **control de la actividad oculomotriz:** garantiza la orientación espacial visual, manteniendo la fijación ocular sobre un objetivo o campo visual cuando se mueve éste, el cuerpo o la cabeza (50, 62).

En la función del equilibrio interviene todo el sistema nervioso y osteomuscular del cuerpo. El sistema nervioso, dispone de complejos mecanismos en los que intervienen múltiples componentes; funcionalmente, podemos agruparlos en tres partes:

- Una **parte sensorial o informadora**, que capta toda la información corporal periférica e interna que hace referencia al equilibrio. No está compuesta por un receptor único (como ocurre en los demás sentidos clásicos), sino por tres: vestibular, vista y sensibilidad profunda. Para tener una orientación espacial óptima se requiere información de todos los sentidos. Cada uno de estos tres sistemas sensoriales tiene una función específica; la pérdida o fallo en uno de ellos reduce la capacidad de orientación, pero no hace que llegue a perderse, pues entre ellos compensan sus funciones.
- Otra **coordinadora-rectora-integradora**, que recibe toda la información que le proporciona la parte sensorial, la analiza e integra. Está formada por los centros del SNC con función equilibratoria (núcleos vestibulares, tronco encéfalo, cerebelo, sustancia reticular y córtex), que emiten respuestas reflejas a los músculos posturales para el mantenimiento del equilibrio, a tenor de las sensaciones recibidas.
- Una tercera **terminal o motora**, compuesta por el sistema músculo-esquelético. Materializa las respuestas posturales transmitidas por impulsos nerviosos, básicamente de tipo reflejo, que se dirigen en dos grandes direcciones: hacia las astas medulares anteriores (dando origen al reflejo vestíbulo-espinal) y hacia los núcleos óculo-motores (originando el reflejo vestíbulo-ocular) (64).

Para ilustrar el funcionamiento del complejo sistema de orientación se ha comparado a un ordenador, del que el sistema vestibular es pieza fundamental.

Siguiendo a Bartual (31), el input del sistema son los receptores sensoriales (medidores) y sus vías aferentes o canales de entrada llevan continuamente las señales al procesador central (regulador). Éste está constituido por los núcleos vestibulares, la formación reticular y el fascículo longitudinal medial. En el regulador se detectan las señales sensoriales indicando la situación del sujeto (señal “ES”), se generan las órdenes de control dirigidas a los efectores de acuerdo con el código de la operación y con las señales del estado (señal “DEBE SER”) y se monitorizan las operaciones que implican la ejecución de la instrucción. La señal “DEBE SER”, para ser eficaz, ha de estar sujeta al control de unos centros supraordinados (corteza y cerebelo), que representan la unidad de memoria del sistema que se encarga de almacenar datos, instrucciones y esquemas de coordinación motora idóneos para cada situación. Esta unidad de memoria se activa, a la vez que el regulador, por las aferencias y emite un programa, que controla a la señal “DEBE SER”, emitida por el programador central. Esta señal discurre por los canales de salida hasta los efectores, encargados de corregir la magnitud de regulación (el tono y la postura), completando el proceso. Por esquemas de coordinación motora se entiende la distribución espacial y temporal de las excitaciones y de las inhibiciones; es decir, en qué puntos, en qué instante y con qué secuencia o sucesión temporal se distribuyen los distintos niveles del sistema nervioso motor y, secundariamente, los efectores del aparato locomotor (31).

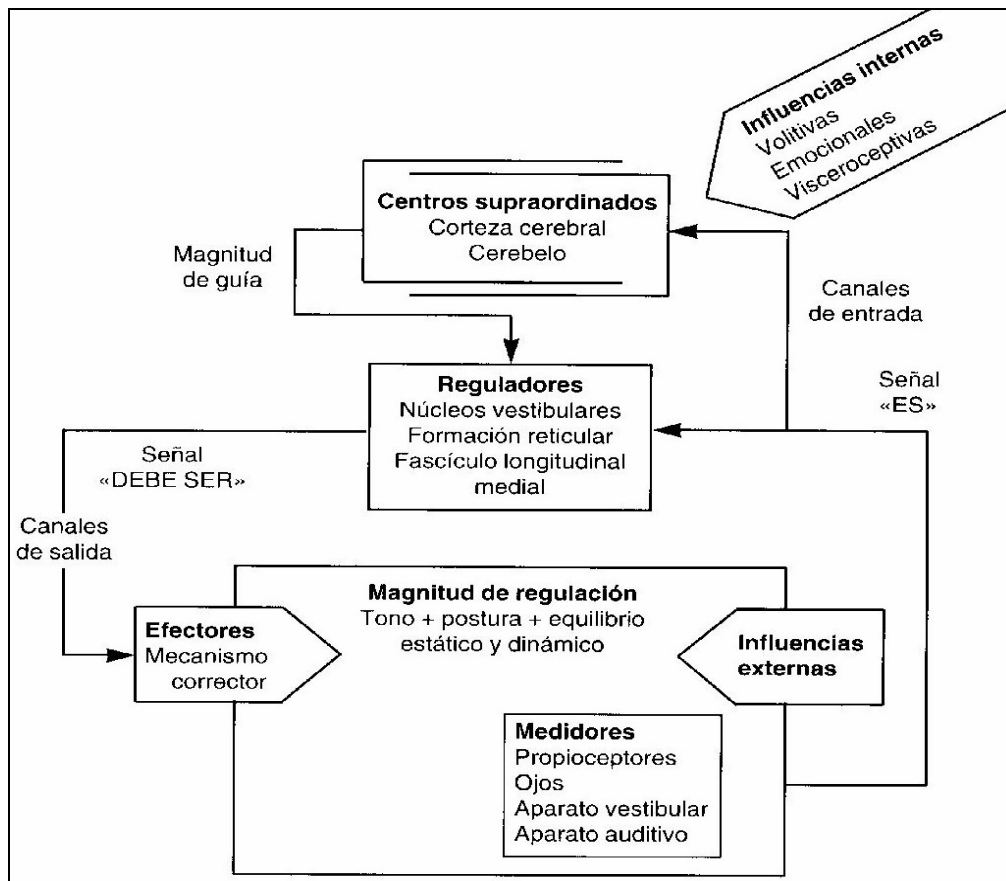


Figura 9: Esquema del sistema de regulación del equilibrio (31).

El cuerpo humano se considera normalmente en equilibrio cuando su centro de gravedad se sitúa dentro de su base de sustentación, tanto si está en reposo como en movimiento. La posición erecta es físicamente inestable porque el centro de gravedad queda por encima de su base de sustentación. Su mantenimiento (equilibrio estático) se consigue por un estado de contracción tónica continuada de los músculos de la nuca, del tronco y de los miembros inferiores, con predominio de los extensores sobre los flexores, denominado tono postural. La desestabilización constante desde esta postura debida a los movimientos y a la gravedad se contrarresta mediante la modificación continua del tono, gracias a la respuesta integrada del SNC sobre el reflejo miotáctico.

Durante los movimientos corporales, el equilibrio dinámico supone la adopción de unas posturas intermedias consecutivas entre la posición inicial y la final, producidas por contracciones musculares rápidas (fásicas) que deben estar perfectamente coordinadas para evitar el error de cálculo y la posible caída (65).

Como ya se ha descrito, los órganos sensoriales vestibulares periféricos actúan como sensores de las aceleraciones lineal y angular de la cabeza. Los centros de control cerebrales usan esta señal para conocer la posición cefálica en relación con el entorno, relacionándola con otras de otros sistemas sensoriales, y para producir respuestas motoras para el equilibrio y la posición de la mirada. El SNC utiliza sistemas reflejos originados en el laberinto:

- Los reflejos vestíbulo-oculares: estabilizan el campo visual haciendo que el ojo se mueva coordinadamente con la cabeza.
- Los reflejos vestíbulo-espinales: intervienen en la consecución del equilibrio estático y dinámico, manteniendo la posición erecta.

Estos reflejos vestibulares se han definido clásicamente como arcos reflejos de tres neuronas. Sus elementos básicos son: la célula ciliada, una neurona bipolar aferente con su soma en el ganglio de Scarpa (vestibular primaria), una interneurona con soma en los núcleos vestibulares (vestibular secundaria) y una motoneurona eefectora (66, 67).

2. Sistema de estudio del equilibrio.

2.1 Análisis del funcionamiento de los reflejos vestíbulo-espinales.

Los reflejos vestíbulo-espinales (RVE) son los encargados del mantenimiento de la estabilidad postural, mediante la contracción de músculos agonistas y antagonistas específicos. Provocan movimientos musculares

automáticos para lograr el control del equilibrio estático y dinámico, en bipedestación y en la marcha (68, 69,70).

El tono muscular tiene su fundamento en los reflejos de tracción por estiramiento continuado de los tendones de los músculos antigravitatorios; estos músculos son preferentemente extensores. Aunque se trate de músculos específicos para cada especie (71), se ha visto que la sección mesencéflica en el gato elimina la influencia del córtex cerebral frontal y de los ganglios basales sobre el reflejo miotático, produciendo su hiperactividad y el aumento del tono extensor (rigidez de descerebración) (66, 72). Además, en el animal descerebrado con laberintos indemnes, la intensidad del tono extensor está modulada específicamente mediante el cambio de posición de la cabeza. Estos reflejos posturales tónicos han sido atribuidos a los otolitos y a los propioceptores cervicales, denominándose “respuestas estatotónicas”. Su función principal es mantener las distintas partes del cuerpo en la actitud apropiada para cada posición cefálica. Sin embargo, actualmente se cree que este tipo de reflejos están inhibidos en su mayor parte en animales maduros y humanos por centros corticales y subcorticales más altos (72, 73).

Distintas de éstas son las llamadas “respuestas estatocinéticas” (72) o reflejos posturales desencadenados por los movimientos de traslación y de rotación del cuerpo o de la cabeza. Así, por ejemplo, si un animal se levanta en el aire, flexiona la cabeza y recoge los miembros; y si se deja caer, extiende la cabeza y las patas. En este tipo de respuestas se ha implicado tanto a los otolitos como a los conductos semicirculares. Su estimulación producirá patrones de activación de los músculos del cuello y del cuerpo destinados a mantener la posición o prevenir la caída (73).

Algunos autores (57, 59, 74) han asimilado el reflejo vestibulo-espinal al vestibulo-ocular, proponiendo el mismo mecanismo de “tira y afloja”. Actúan en este caso los músculos extensores antigravitatorios del cuello, tronco y extremidades como órganos efectores principales.

Sin embargo, en el reflejo vestibulo-espinal cualquier movimiento de una articulación afecta a un complejo patrón de contracciones y relajaciones de múltiples músculos agonistas y antagonistas (59, 73). Además, se ha observado que los RVE no producen patrones rígidos de activación muscular, siendo el grupo de músculos activados en respuesta a un estímulo particular variable según la postura del cuerpo, las estrategias de equilibrio o las condiciones visuales (73, 75-78). Debido a esto, se prefiere considerar a los RVE como parte de una gran red neural sensorio-motora multisensorial, que afecta al cerebelo, córtex, ganglios basales y a la médula espinal (73).

Recordemos que se considera que los laberintos mandan su información a la médula espinal principalmente mediante tres vías:

- FVEM: del NM a la médula espinal cervico-torácica.
- FVEL: del NL hasta la médula espinal lumbosacra.
- FRE: desde las neuronas retículo-espinales pontomedulares a la médula lumbar.

La mayoría de los trabajos se concentran en los FVEL y FVEM, y en su acción sobre las motoneuronas espinales; sin embargo, se ha informado que la sección de estos fascículos no suprime ciertos RVE (79, 80).

En general, se suele considerar que la regulación de la postura erecta depende de la activación de los otolitos y de sus conexiones con las motoneuronas de los miembros y del tronco, fundamentalmente vía FVEL. Por su parte, la

estabilización de la cabeza depende de la activación de los conductos semicirculares y de sus conexiones con las motoneuronas cervicales, fundamentalmente vía FVEM (81, 82). Los reflejos otolíticos se suelen denominar tónicos y los canaliculares fásicos (66).

2.2 Técnicas de registro.

2.2.1. Posturografía dinámica computerizada.

2.2.1.1 Introducción.

El control postural es un aspecto básico para comprender la capacidad que tiene el organismo para desarrollar todas las actividades. Su fin es mantener el cuerpo en equilibrio, bien en situación de reposo (equilibrio estático), bien en movimiento o sometido a diversos estímulos (equilibrio dinámico). Esto se logra a través de la integración, a nivel del sistema nervioso central, de la información obtenida de los tres sistemas principales encargados del equilibrio: visual, somatosensorial y vestibular (83-86). Si la información de estos sistemas es insuficiente o inexacta la regulación del control postural puede verse afectado (87, 88). En la práctica clínica, estos sistemas de control postural se analizan mediante la posturografía. Se denomina posturografía, al conjunto de técnicas que estudian objetivamente y cuantifican el control postural del individuo a través de los movimientos del centro de presiones durante la realización del test de Romberg, mediante el uso de plataformas dinamométricas (89), basándose en la idea de que las oscilaciones del centro de gravedad reflejan la inestabilidad postural (90).

La posturografía permite conocer la habilidad que tiene el sujeto para utilizar las informaciones vestibular, visual y somatosensorial, y la contribución

relativa de cada una de éstas al equilibrio global; también su habilidad para adaptarse a situaciones sensoriales conflictivas en condiciones de prueba *sway-referenced* (91). Asimismo, permite conocer el estado funcional del sujeto y orientar el tratamiento médico o rehabilitador, al identificar la disfunción sensorial.

La posturografía dinámica computerizada (PDC) fue ideada y desarrollada por Nashner (92), estudiada clínicamente en colaboración con Black (93) y comercializada en 1986 como Equitest por Neurocom Inc.

La posturografía mide el balanceo del cuerpo en posición de Romberg y sometido a distintas situaciones de conflicto sensorial (94). El balanceo es la oscilación permanente del centro de masas (CdM) o centro de gravedad (CG) en las direcciones ántero-posterior y lateral. Ya que el centro de masa no es fácil de medir, se utiliza su casi equivalente, el centro de presiones (CdP), según un modelo postural. En éste se consideran las oscilaciones del sujeto, similares a las que hace un péndulo en posición invertida (figura 10), cuyo eje de torsión está en el tobillo, y en el que la segunda derivada del desplazamiento horizontal del centro de masas es proporcional al componente horizontal de la fuerza de reacción que ejerce el apoyo sobre el suelo. Por tanto, la fuerza se mide en la plataforma y se integra dos veces para obtener el valor del centro de presiones (83, 95-99). Podrían también emplearse incluso modelos posturales más complejos, como el propuesto por Van der Kooij (100).

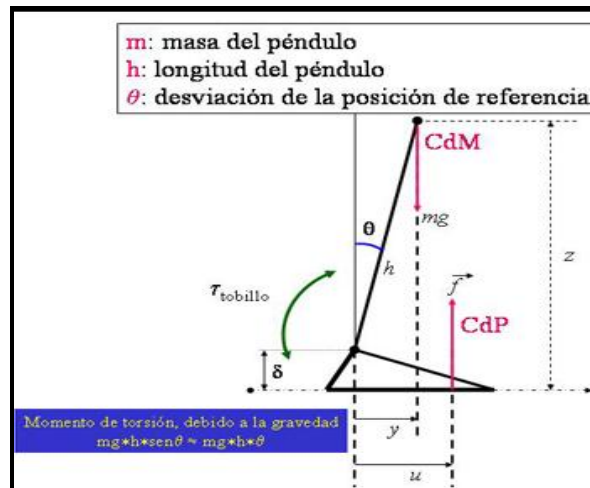


Figura 10: Modelo matemático del péndulo invertido que permite correlacionar el centro de masas (CdM) con el centro de presiones (CdP) durante el registro posturográfico (101).

El **centro de gravedad** podemos definirlo como aquel punto del espacio donde se supone que se concentra toda la masa del cuerpo y que normalmente se localiza en la pelvis (94, 102).

Para evitar la caída, el CG debe de estar dentro de una **base de sustentación**, que es el área de contacto entre nuestros pies y la superficie del suelo. La relación entre el CG y la base de soporte varía durante las actividades diarias, tales como la deambulación, el tándem o la sedestación.

Los **límites de estabilidad** (LOS) representan el perímetro más ajustado de las distintas posiciones del CG que permiten mantenerlo sobre la base de soporte. Los límites de estabilidad son similares entre los distintos individuos, porque la altura y el tamaño de los pies covarían, con aproximadamente 12.5° en el límite ántero-posterior y de 16° en el medio-lateral (84).

La posturografía tiene un indudable interés clínico en diferentes ámbitos y, en particular, en el de la rehabilitación y en la valoración del daño corporal (103-107).

2.2.1.2 El equipo.

- *PC con software.*



Figura 11: Ordenador del que depende el funcionamiento del posturógrafo (imagen propia).

- *Arneses de fijación.*



Figura 12: Paciente con arnés de seguridad (imagen propia).

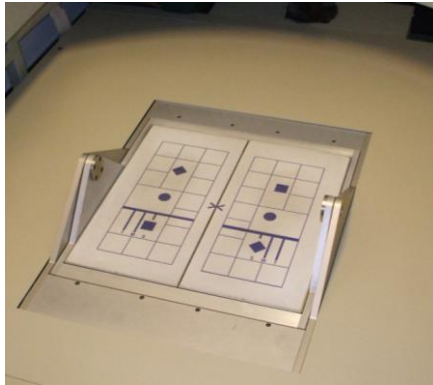
- *Plataforma móvil:* presenta cuatro transductores de presión (dos para

cada pie) simétricamente situados, que miden las fuerzas verticales, y un transductor central (que mide las fuerzas horizontales ejercidas a lo largo del eje ántero-posterior en el plano paralelo del suelo). De esta forma, el sistema cuantifica la posición del centro de gravedad corporal y su desplazamiento u oscilaciones corporales en relación con la vertical “estabilidad estática”; analiza también la relación entre las fuerzas horizontales y verticales ejercidas para mantener el equilibrio en cada prueba, determinando el tipo de “estrategia postural utilizada”.

Si la plataforma se mueve, acoplando el movimiento de ésta a las oscilaciones corporales, se minimiza la información somatosensorial que proviene de los receptores de la articulación del tobillo. Dichos receptores sólo se estimulan cuando varía el ángulo formado entre la cara superior del pie y la cara anterior de la pierna. Si la plataforma se inclina en relación con la presión que ejerce el pie, este ángulo teóricamente no varía y, por tanto, no existiría estímulo somatosensorial procedente de esta articulación (108-110).

- *Entorno visual móvil* (lleva incorporado un monitor): el entorno visual puede acoplarse a las oscilaciones corporales, produciendo una información visual errónea. Este hecho genera un conflicto entre el sistema visual y los demás sistemas, que sí perciben el movimiento.

El entorno visual y la plataforma pueden moverse simultáneamente, controlados por el ordenador, alrededor de un eje alineado aproximadamente con la articulación del tobillo. Así, cuando se desea, las oscilaciones corporales pueden provocar un movimiento del mismo grado y dirección de la plataforma y/o del entorno visual (oscilaciones referidas a las corporales o *sway-referenced*).



a)



b)

Figura 13: a) Plataforma estabilométrica. b) Entorno visual móvil con monitor (imagen propia).

2.2.1.3 Pruebas posturográficas.

A. Test de organización sensorial.

Es la prueba cuyo uso está más estandarizado. No es propiamente un estudio del reflejo vestíbulo-espinal, dado que no hay estimulación vestibular específica, pero permite aislar los componentes de las informaciones vestibular, visual y somatosensorial que participan en el mantenimiento del control postural. Esto hace posible determinar cual es la alteración principal que provoca el origen de la pérdida del equilibrio (91).

Condiciones

Hace un registro de los desplazamientos del centro de presiones en 6 condiciones (67, 84, 111, 112):

Condición 1: Ojos abiertos, entorno visual fijo y plataforma fija.

Condición 2: Ojos cerrados y plataforma fija.

Condición 3: Ojos abiertos, entorno visual móvil y plataforma fija.

Condición 4: Ojos abiertos, plataforma móvil y entorno visual fijo.

Condición 5: Ojos cerrados y plataforma móvil.

Condición 6: Ojos abiertos, entorno visual móvil y plataforma móvil.

En la condición 1 se emplean todos los receptores sensoriales (visión, laberinto y propiocepción) para mantener el equilibrio.

En las condiciones 2 y 3 el equilibrio depende de las aferencias vestibulares y somatosensoriales.

En la condición 4 se minimiza el estímulo somatosensorial por lo que la visión y el laberinto serán los encargados del mantenimiento de la postura (113).

En las condiciones 5 y 6 se inhibe tanto la información visual como somatosensorial; el laberinto es la única aferencia sensorial correcta que recibe el SNC para mantener el equilibrio (94, 113, 114).



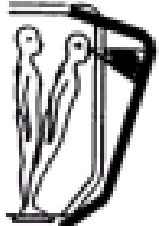


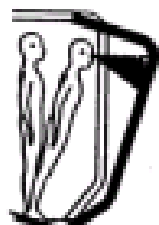
		VISUAL CONDITION		
SUPPORT CONDITION		FIXED	EYES CLOSED	SWAY-REFERENCED
	FIXED	1 	2 	3 
	SWAY-REFERENCED	4 	5 	6 

Figura 14: Condiciones del test de organización sensorial (115).

B. Pruebas de control voluntario de los desplazamientos del centro de gravedad.

Son un conjunto de pruebas que permiten determinar la capacidad del paciente para realizar movimiento voluntarios del centro de gravedad, a través del

empleo de un feed-back visual.

Dentro de ellas, cabe destacar la determinación de los límites de estabilidad. El límite de estabilidad es una medida bidimensional que define el ángulo máximo de desplazamiento del centro de gravedad desde la posición central. Depende de la posición de apoyo y de la base de soporte (83). Los límites de estabilidad son fronteras de un área en el espacio en el que el cuerpo puede teóricamente mantener su posición sin modificar la base de soporte. Estos límites no son fijos y cambian de acuerdo a las condiciones de actividad del sujeto, situación del aparato locomotor, estados emocionales y aspectos relacionados con el entorno.

El análisis de los límites de estabilidad cuantifica las características del movimiento asociadas a la habilidad que posee el paciente para variar voluntariamente su posición espacial y mantener la estabilidad en dicha posición (84, 116).

Si la frecuencia de balanceo es baja, la fuerza de la gravedad es la única fuerza que debe vencer el paciente durante la realización de cada objetivo; pero si la frecuencia es alta, el propio movimiento del cuerpo actúa como fuerza desestabilizadora (83).

2.2.1.4 Análisis de datos.

Las gráficas de distintas pruebas reflejan el grado de equilibrio del paciente expresado en porcentaje de estabilidad, al calcular el desplazamiento ántero-posterior del centro de gravedad (balanceo) con relación al máximo teórico durante las distintas condiciones exploradas (117).

A. Test de organización sensorial.

Representa, mediante el porcentaje de equilibrio, el análisis sensorial o la contribución relativa de los receptores somatosensoriales, visuales y vestibulares en la estabilidad global del paciente. Indica cuál de los sistemas implicados en el mantenimiento del equilibrio es el responsable de la estabilidad del paciente, así como la capacidad de éste para mantenerse estable con informaciones sensoriales erróneas y/o reducidas. Informa además de la estrategia empleada por el paciente para no desequilibrarse (118).

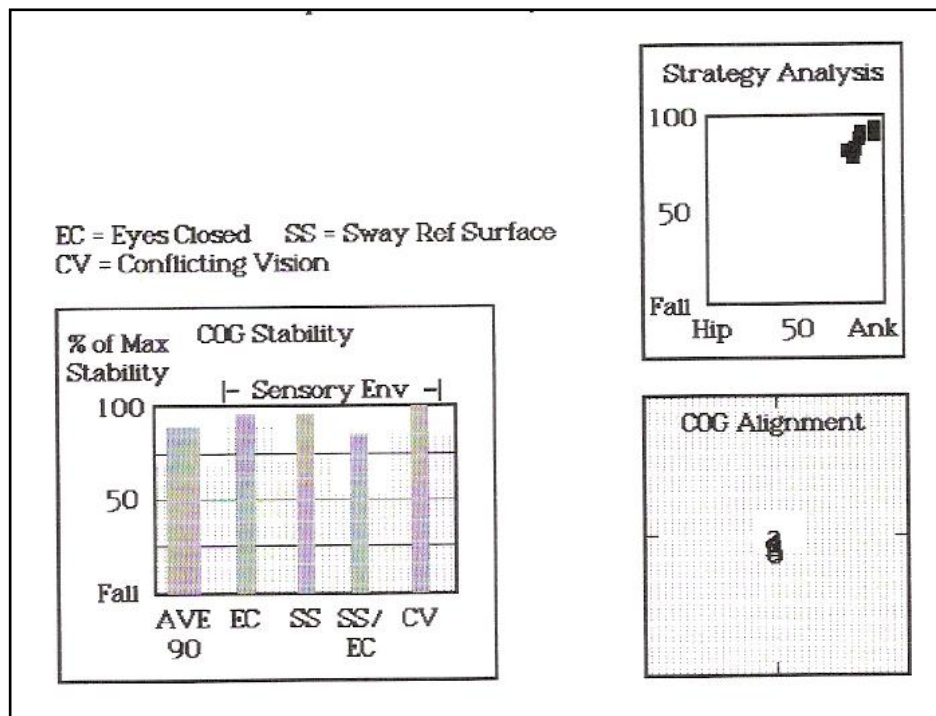


Figura 15: Registro del test de organización sensorial, muestra unas puntuaciones correctas en todos los componentes del análisis sensorial (abajo a la izquierda), además se observa un correcto uso de la estrategia en las diversas condiciones (arriba a la derecha) y una correcta alineación del CdP (abajo a la derecha) (registro propio).

a) Porcentaje de equilibrio.

- El porcentaje para cada una de las condiciones (considerada como la media aritmética de los tres registros realizados en cada condición).

- El equilibrio global medio, que se obtiene calculando la media aritmética de las puntuaciones obtenidas en todos los registros de cada test de organización sensorial. (*Composite*) (119).

EO = Eyes Open, EC = Eyes Closed, SS = Sway Ref Surface, SV = Sway Ref Vision

Condition	% of Max Stability			% of Ankle Strategy		
Trial #:	1	2	3	1	2	3
1 EO	97	N/S	N/S	98	N/S	N/S
2 EC	93	N/S	N/S	98	N/S	N/S
3 SV	92	93	95	98	98	98
4 EO/SS	92	94	91	90	90	89
5 EC/SS	84	83	79	82	82	85
6 SV/SS	86	84	91	87	86	89
Average Stability: 90						
COG Alignment						
%LOS, Degrees						
Condition	1		2		3	
Trial #:						
1 EO	15.6, 169.4		N/S, N/S		N/S, N/S	
2 EC	26.1, 189.9		N/S, N/S		N/S, N/S	
3 SV	15.9, 201.8		08.6, 212.4		09.2, 199.4	
4 EO/SS	11.7, 201.5		21.8, 195.5		24.5, 183.3	
5 EC/SS	24.4, 191.4		26.6, 185.3		37.1, 179.4	
6 SV/SS	38.0, 193.6		37.7, 180.0		41.0, 180.2	

Figura 16: Resultados numéricos del SOT de un sujeto normal (Registro propio).

b) **Análisis sensorial:** indica la participación de cada sistema sensorial en el correcto mantenimiento del equilibrio (94).

- El aprovechamiento en la utilización de la *información somatosensorial*, que es el valor porcentual resultado de la aplicación de la siguiente fórmula:

$$\frac{\text{puntuación media de la condición 2}}{\text{puntuación media de la condición 1}} \times 100$$

- La eficacia en el uso de la *información visual*, calculada como el resultado de:

$$\frac{\text{puntuación media de la condición 4}}{\text{puntuación media de la condición 1}} \times 100$$

- La utilización de la *información vestibular*, obtenida a partir del cálculo:

$$\frac{\text{puntuación media de la condición 5}}{\text{puntuación media de la condición 1}} \times 100$$

- La capacidad de asumir informaciones visuales erróneas o preferencia visual, asignándoles una puntuación resultado del siguiente cálculo realizado con los valores obtenidos en las condiciones: $[(3+6)/(2+5)] \times 100$. Compara, por tanto, el equilibrio con ojos cerrados (condiciones 2 y 5) con el que se obtiene con informaciones visuales erróneas (condiciones 3 y 6).

$$\frac{(\text{Cond 3} + \text{Cond 6})}{(\text{Cond 2} + \text{Cond 5})} \times 100$$

EC = Eyes Closed SS = Sway Ref Surface
CV = Conflicting Vision

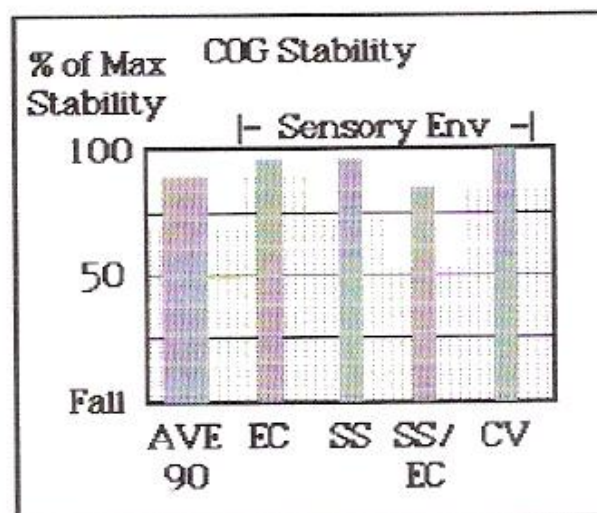


Figura 17: Gráfica de un análisis sensorial con resultados dentro de la normalidad (registro propio).

c) **Análisis de la estrategia:** nos informa, mediante porcentajes de estabilidad, sobre la cantidad relativa de movimientos de tobillo o de cadera que utiliza el paciente para mantener el equilibrio en las condiciones sensoriales analizadas. El eje vertical representa la estabilidad o aumento de balanceo, situándose la mayor estabilidad en el 100% y la caída en el 0%. El eje horizontal muestra el tipo de estrategia que utiliza, localizándose hacia la derecha los puntos que representan “estrategia de tobillo” y hacia la izquierda los de “estrategia de cadera”. Es de esperar que cuanto más desestabilizadora sea la condición, mayor será el uso de estrategia de cadera, aunque si el paciente tiene buena estabilidad, será capaz de mantener el equilibrio en las condiciones más difíciles mediante estrategia de tobillo (75).

La estrategia de tobillo rota el cuerpo alrededor de la articulación tibio-astragalina, produciendo principalmente esfuerzos de dirección ántero-posterior (120). Es la más efectiva cuando la base de soporte es firme y los movimientos del centro de gravedad son lentos y están dentro de los límites de estabilidad. La estrategia de cadera concentra los movimientos alrededor de dicha articulación, y se genera cuando la base de sustentación es pequeña y cuando el CG se mueve rápidamente hacia los límites de estabilidad. La estrategia de cadera produce principalmente esfuerzos de dirección medio-lateral (2, 121, 122). En aquellos casos en los que el CG sobrepasa los límites de estabilidad, el único mecanismo posible para evitar la caída es dar un paso o un traspie (84); sería la estrategia de paso.

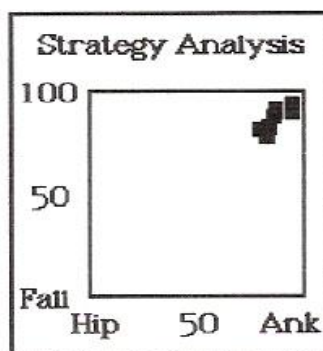


Figura 18: Registro del análisis de la estrategia, donde vamos una estrategia predominantemente de tobillo (registro propio).

d) **Estabilidad estática o alineación del centro de gravedad:** el mantenimiento del equilibrio estático viene determinado por las variaciones de la alineación del CG del paciente en posición de Romberg. Los individuos normales mantienen el CG dentro de los límites de un cono (“cono de estabilidad”). Las alteraciones del centro de alineación proporcionan información sobre la estabilidad estática del paciente en las distintas posiciones en el plano horizontal (94). El desplazamiento patológico del centro de gravedad hacia atrás incrementa el riesgo de caídas en el paciente en esta dirección (91).

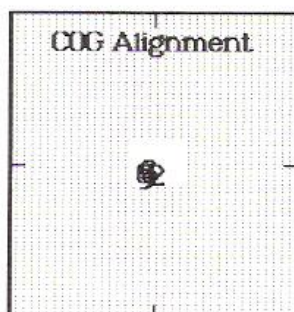


Figura 19: Representación gráfica de la proyección del centro de gravedad que está correctamente alineado (registro propio).

B. Límites de estabilidad.

Éstos cuantifican la habilidad del paciente para desplazar el CG a ocho posiciones del espacio diferentes, representadas en la pantalla del posturógrafo. En la representación gráfica del movimiento, se dibuja la trayectoria que ha realizado el paciente y su localización en las distintas posiciones alcanzadas. Se analiza (94):

- **Tiempo de reacción** (*reaction time*): tiempo que pasa desde que la señal se mueve hasta el inicio del movimiento del paciente.
- **Velocidad del desplazamiento** (*movement velocity*): velocidad media del movimiento del CG, medida en grados por segundos.
- **Distancia final** (*endpoint excursion*): distancia recorrida por el CG en el primer intento de alcanzar el objetivo.
- **Distancia máxima** (*maximum excursion*): distancia más lejana a la que llegó el CG durante la prueba. Puede ser distinta a la anterior si intenta hacer movimientos correctores, por haberse quedado corto en el primer intento.
- **Control direccional** (*directional control*): capacidad del control del desplazamiento del CG que tiene el sujeto; viene determinado por la rectitud con la que se desplaza hacia cada una de las dianas (84).

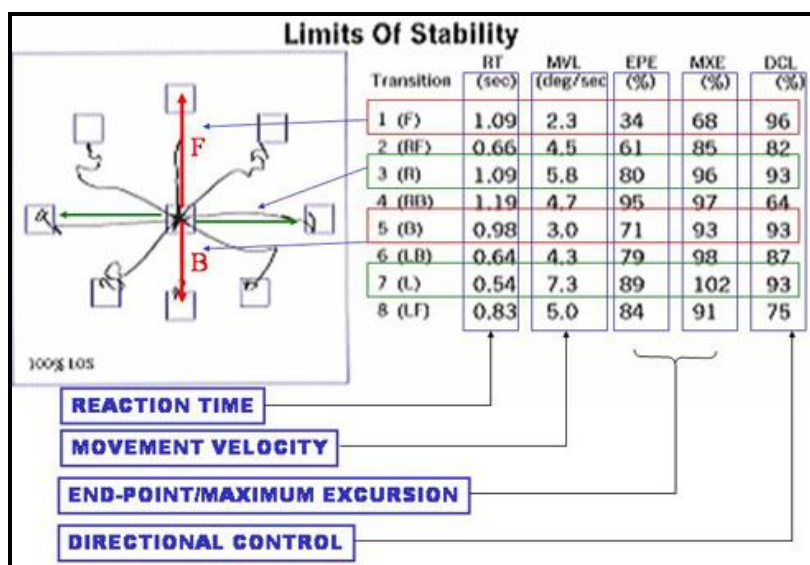


Figura 20: Registro de límites de estabilidad (101).

2.2.1.5 Limitaciones de la posturografía dinámica computerizada.

A pesar de la denominación que recibe la posturografía como dinámica, en realidad sólo permite una cuantificación de la estabilidad estática, no durante la marcha. Por otro lado, las distintas condiciones de estimulación o abolición sensorial son muy artificiales. Además, únicamente permite la medición de los desplazamientos del centro de gravedad, a través de una estimación indirecta, en el plano ántero-posterior.

A estas limitaciones hay que añadirle el elevado coste, tanto económico como de recursos humanos y arquitectónicos, de una prueba que todavía no ha alcanzado el valor diagnóstico específico de una prueba diagnóstica de enfermedad (123), ya que no proporciona un diagnóstico topográfico ni etiológico (86, 124, 125).

2.2.2. Sway Star.

2.2.2.1 Introducción.

El sistema Sway Star (*Balance Internacional Innovations GMBH, Switzerland*), desarrollado por J.H.J. Allum y comercializado en España a partir del año 2003, nos permite un análisis y cuantificación del control postural estático, dinámico y durante la marcha, así como de la contribución de cada uno de los sistemas (visual, somatosensorial y vestibular) al equilibrio global. Teniendo en cuenta el hecho de que los individuos con inestabilidad tienden a caerse en varias direcciones, este sistema proporciona un análisis del desplazamiento en el plano ántero-posterior o inclinación (*pitch* en lengua inglesa) y en el látero-lateral o balanceo (*roll*, en inglés) (113, 126, 127). Estos dos desplazamientos (*pitch* y *roll*) no tienen la misma sensibilidad para el diagnóstico precoz de riesgo de caídas en determinadas patologías (128-134).

Este sistema se basa en la medición de las desviaciones angulares del tronco cerca del centro de masa (alrededor de L3-L5) bajo diferentes situaciones de conflicto sensorial, por lo que no precisa la realización de estimaciones indirectas, como ocurre en la posturografía dinámica (135). La medición del movimiento del tronco cerca del centro de gravedad es, probablemente, la manera más eficaz de cuantificar la tendencia a las caídas asociada a distintas patologías (136-146).

Al igual que la posturografía, este nuevo sistema parece tener interés clínico en el ámbito de la rehabilitación vestibular (132, 147-149)

2.2.2.2 El equipo (150, 151)

- **Sway Star:** existen varias versiones, todas ellas provistas de dos sensores

de velocidad angular; uno de ellos está orientado para medir la velocidad angular y el ángulo en el plano ántero-posterior (***inclinación del tronco***), y el otro en el látero-lateral (***balanceo del tronco***). Para ello, el transductor interno se activa y detecta las desviaciones de velocidad angular en dichos planos (136, 152). El peso aproximado del dispositivo es de 1,10 Kg.



Figura 21: Equipo Sway Star montado sobre el cinturón (imagen propia).

- Accesorios:

- Cinturón: es similar al de que se emplean los motoristas, con una plataforma posterior, para proporcionar apoyo, en la que se fija el módulo con los sensores (provisto de un elástico doble suave con cierres de velcro). El sensor va situado a nivel lumbar y no restringe los movimientos de la cadera ni de la pelvis respecto al tronco.
- Ordenador portátil.
- Dependiendo de la versión de que se trate, el ordenador y el transductor estarán intercomunicados a través de un cable y una

interfase, o a través de un dispositivo *bluetooth*.

- **Equipo auxiliar:**

- Superficie normal: cualquier superficie dura, lisa, llana, sin enmoquetar y no resbaladiza.
- Superficie de espuma: la espuma recomendada debe tener una altura de 10 centímetros, 204 centímetros de longitud, 44 centímetros de ancho y una densidad de 25 kg/m³.
- Taburete: sin ruedas y con altura ajustable. La altura del taburete debe ajustarse para que las rodillas del paciente formen un ángulo recto. Los brazos deben estar colgando al inicio de la prueba y no apoyados sobre las rodillas.
- Escaleras: debe tener dos escalones de subida y dos de bajada, de una altura por escalón de 23 cm, una profundidad de 32 cm, una anchura de 40 cm, con un recubrimiento antideslizante y preferiblemente sin pasamanos.



Figura 22: Escaleras hechas a medida por el Servicio de Mantenimiento del CHUS siguiendo las recomendaciones del fabricante (imagen propia).

- Barreras: deben fabricarse siguiendo las recomendaciones del fabricante. Pueden utilizarse ladrillos de construcción u otro tipo de soporte, de 24 cm de alto, y barras, por ejemplo, de madera, de

2 x 2 cm. La barrera se formará apoyando cada uno de los extremos de las barras sobre los soportes.



Figura 23: Barreras hechas a medida por el Servicio de Mantenimiento del CHUS siguiendo las recomendaciones del fabricante (imagen propia).

2.2.2.3 Principios de las mediciones para distintos protocolos.

El principio básico para todo estudio del equilibrio es medir y cuantificar la habilidad que posee un individuo, tanto durante la posición estática como en movimiento, para integrar los diferentes estímulos sensoriales (150, 151, 153-155).

El sistema Sway Star proporciona una batería de protocolos (pruebas) que nos permitirán llevar a cabo un estudio exhaustivo sobre dichas habilidades, permitiéndonos incluso precisar déficits específicos para determinadas patologías (143-146, 155).

A. Posición estática de pie

Las pruebas estáticas de pie son fáciles de realizar. La dificultad se incrementa al disminuir, modificar o incluso suprimir las distintas aferencias sensoriales: los estímulos visuales, cerrando los ojos; los somatosensoriales, modificando la estabilidad de apoyo, bien al realizar la prueba sobre una sola

pierna o con una espuma como superficie de apoyo (9, 101, 113, 144, 154). En el programa original, existen cuatro protocolos utilizando las dos piernas y tres con una sola pierna.

* ***De pie sobre dos piernas*** (4 pruebas): se pide al paciente que se mantenga de pie de forma natural con los pies ligeramente separados:

- Estático de pie con los ojos abiertos en una superficie normal.
- Estático de pie con los ojos abiertos en una superficie de apoyo de espuma.
- Estático de pie con los ojos cerrados en una superficie normal.
- Estático de pie con los ojos cerrados en una superficie de apoyo de espuma.

* ***De pie sobre una sola pierna*** (3 pruebas): se solicita al paciente que intente mantenerse de pie en una sola pierna a su elección. Puede ser necesario probar primero con una pierna o la otra antes de empezar la grabación:

- Estático de pie con los ojos abiertos en una superficie normal.
- Estático de pie con los ojos abiertos en una superficie de apoyo de espuma.
- Estático de pie con los ojos cerrados en una superficie normal.

Estas pruebas, que podríamos considerar como de “premarca”, son muy interesantes si consideramos el período de tiempo en que, durante la deambulación, los sujetos están apoyados sobre un solo pie (101).

B. Caminando.

Las pruebas de análisis del paso involucran un conjunto de estímulos sensoriales más complejos, así como un mayor control motor (101, 150, 151,

157). Estas pruebas conllevan, naturalmente, un aumento en la inclinación del tronco en pacientes que tienen un déficit de equilibrio comparado con pacientes normales (129, 132, 133). Se incluyen cuatro protocolos relativos al paso al caminar (uno de ellos con barreras) y dos protocolos de paso en tándem (un pie delante de otro).

* ***Caminando*** (4 pruebas):

- Caminar 3 metros y aproximadamente cinco pasos con los ojos cerrados.
- Caminar 3 metros girando simultáneamente la cabeza horizontalmente, a izquierda y a derecha, al ritmo del paso.
- Caminar 3 metros moviendo simultáneamente la cabeza, hacia arriba y hacia abajo, al ritmo del paso.
- Caminar sobrepasando un conjunto de cuatro barreras bajas (24 centímetro de alto) con un metro de separación entre ellas.

* ***Pasos en tándem*** (2 pruebas): el paciente pone un pie directamente delante del otro (el talón de un pie tocando la puntera del otro pie) durante 8 pasos, con los ojos abiertos, sobre superficie de apoyo normal y sobre espuma. Se pide al paciente que mire la colocación de sus pies (101, 132, 150, 151).

C. Escaleras /inclinaciones.

Se realizan subiendo escalones o una cuesta de abajo hacia arriba, lo que requiere cambiar de un pie al otro a una altura distinta, combinado con el movimiento de inclinación y la observación en los bordes de los escalones o de la rampa. Para esta prueba se le solicita al paciente que suba una escalera con dos escalones de subida y dos de bajada (150, 151).

D. Sentarse y levantarse.

El paciente cambia de posición de sentado, con los brazos colgando a los lados, a posición de pie (136, 143, 157). Son posibles tres protocolos:

- Levantarse desde el taburete (3 pruebas).
- Levantarse y andar (caminar 3 metros).
- Levantarse y sentarse dos veces.

E. Alcance.

Se le pide al paciente que se mantenga estático de pie, tan recto como sea posible, con los pies separados con normalidad. El objetivo es alcanzar, o doblarse tanto como sea posible, hacia un objeto o una marca localizada delante o al lado de él. Hay tres protocolos de alcance (150, 151).

* ***Estiramiento lateral*** (2 pruebas): los pacientes se esfuerzan por recoger un objeto puesto lateralmente a la altura de la punta de sus dedos. El objeto se coloca a una distancia relacionada con la altura del paciente, a razón de 25 centímetros por cada 100 centímetros de altura del paciente. La prueba debe realizarse sin doblar las rodillas, mientras se dobla lateralmente el tronco. Para evitar el doblado de la rodilla, se pide al paciente que levante la pierna opuesta; es decir, si el objeto está en la izquierda, la pierna derecha se alzará; si el objeto está en el lado derecho, la pierna izquierda se alza. El brazo también puede levantarse.

- Estirar lateralmente con el objeto en la derecha.
- Estirar lateralmente con el objeto en la izquierda.

* ***Flexión del Tronco*** (1 prueba): se le pide al paciente que flexione hacia adelante tan lejos como le sea posible sin doblar las rodillas, entonces, debe enderezarse tan rápidamente como le sea posible.

F. Otros (3 pruebas).

Se han desarrollado otros protocolos para resolver necesidades especiales. Por ejemplo, ya existe una serie de protocolos probados en pacientes con enfermedad de Parkinson conocido como el "*shoulder pulls*" o tirar del hombro hacia atrás (izquierda hacia atrás, derecha hacia atrás y al revés) (142, 143, 150, 151, 157).

2.2.2.4 Análisis de datos.**A. Medida.**

El Sway Star mide las desviaciones angulares, calculadas en tiempo real, utilizando integraciones de las grabaciones de las velocidades angulares de los sensores (150, 151).

B. Valores de normalidad.

El sistema ofrece unos valores de normalidad que se visualizan en la pantalla de análisis de datos. Para dicha visualización es necesario que el usuario haya asignado los valores de referencia para esa prueba; en el caso de no haberlo hecho, los valores del análisis aparecen en blanco y sin signos asignados al valor. Estos valores están disponibles para todas las pruebas de análisis listadas, excepto para las densidades espectrales y pesos espectrales.

Son para un grupo de edades cercanas a las del paciente y comprendidas entre más o menos 5 años de diferencia (están disponibles para las edades de entre 8 a 75 años). La normalidad está basada, como mínimo, en 10 pacientes para cada grupo de edad (150, 151).

Las grabaciones deben ser lo suficientemente prolongadas como para

tomar los valores de referencia como válidos.

Se muestran gráficamente mediante una barra vertical, al lado de los valores del paciente, un triángulo blanco.

- Barra vertical:

- El nivel máximo de la barra representa el 95% de los valores obtenidos en un estudio a una determinada población de edad similar.
- El nivel mínimo de la barra representa el 5% de dicho estudio.

- Triángulo: representan el valor medio.

Y numéricamente, si los valores del paciente son:

- Mayores que los valores de la referencia de normalidad: aparecen indicados en rojo seguidos por un signo >.
- Menores: entonces aparecen en azul y seguidos por un signo <.
- Similares: aparecen en verde y seguidos por un -.

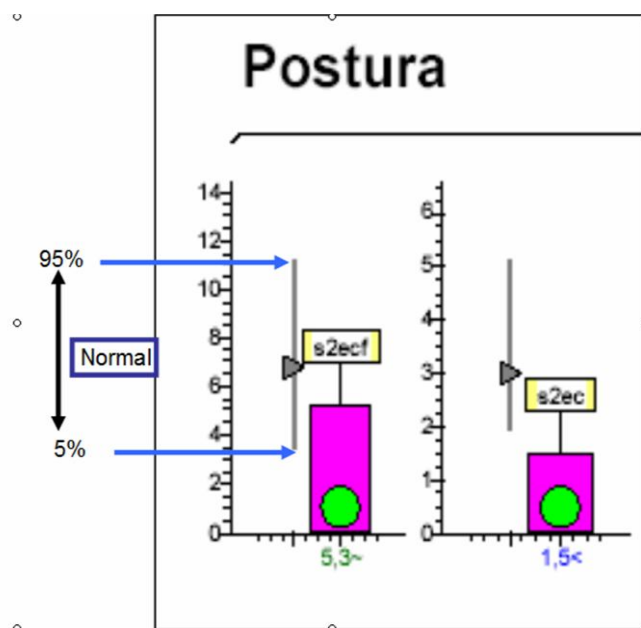


Figura 24: Representación gráfica de los valores de normalidad proporcionados por el programa del Sway Star (registro propio).

C. Ventanas de análisis de datos.

Este sistema proporciona múltiples posibilidades para el análisis de los datos obtenidos en cada uno de los registros de las distintas pruebas. Inicialmente muestra cuatro ventanas para el análisis de cada uno de los registros: ángulos del tronco, velocidad angular del tronco, gráficos espectrales y valores de marcador (101, 150, 151).

1º Ángulos del tronco.

En esta primera ventana están representadas las curvas de los ángulos de desplazamiento del tronco, tanto en el plano ántero-posterior o inclinación (*pitch*, en lengua inglesa), como en el plano látero-lateral o balanceo (*roll*, en inglés).

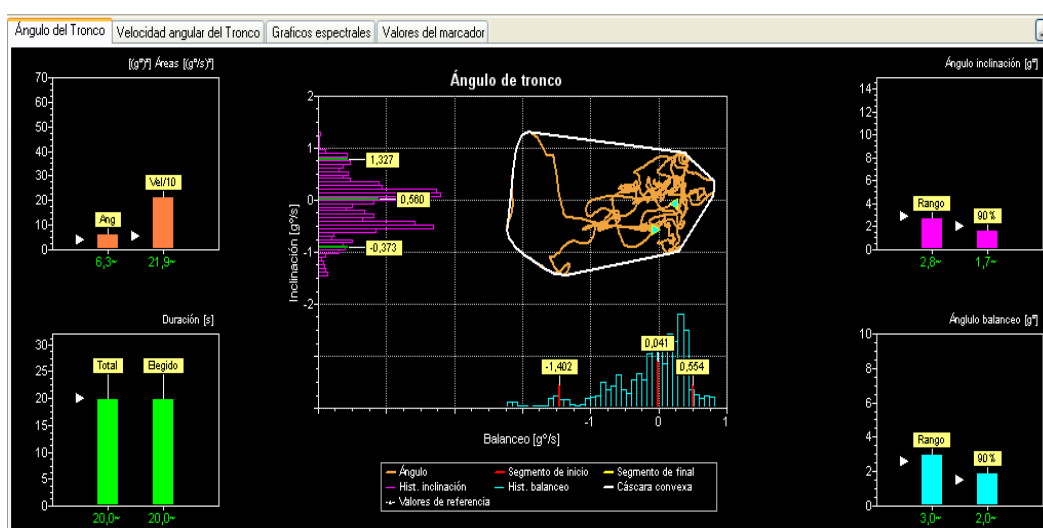


Figura 26: Representación gráfica de la ventana de los ángulos del tronco (registro propio).

Como podemos observar en la figura 26, el centro de la imagen nos muestra gráficamente el recorrido realizado por el ángulo del tronco durante la realización de la prueba.

A la derecha de la imagen, observamos dos diagrama de barras. El

superior “*Ángulo de inclinación*”, nos da información sobre el ángulo del tronco en el plano ántero-posterior; el inferior, “*Ángulo de balanceo*”, sobre al ángulo del tronco en el plano látero-lateral. La información sobre dichos ángulos es:

- Rango de recorrido del ángulo de inclinación/balanceo (*Range of peak to peak excursion*): es el recorrido máximo del ángulo de inclinación/balanceo del tronco durante toda la prueba.
- Rango del 90% del recorrido del ángulo de inclinación/balanceo (*90% range of pitch/roll excursion*): para definir este rango, el equipo toma el valor máximo del recorrido del ángulo de la inclinación/balanceo y lo divide en 40 divisiones o barras (gráfica central). A cada una de estas barras se le asigna el valor o amplitud de su ángulo de inclinación/balanceo. Con todas las muestras clasificadas en barras, se construye un diagrama de barras que se muestra en color lila sobre el eje de ordenadas para la inclinación (Inclinación (°)) y en color azul sobre el eje de abscisas para el balanceo (Balanceo (°)). Sobre los datos de la prueba, se calculan los valores del 5% y 95% del diagrama de barras, que también se incluyen en él. Las amplitudes entre estos dos límites forman el rango del 90%. Con una etiqueta, se indican los valores al 5%, 95% y la media de las amplitudes del diagrama de barras. Para poder representar mejor la gráfica de los valores de inclinación y balanceo, se toma el valor medio del diagrama de barras como "cero".

A la izquierda de la imagen observamos otros dos diagrama de barrass. En el superior, “*Áreas (%)*”, se nos muestra la representación gráfica de las áreas que

a continuación definimos:

- Área del ángulo del desplazamiento del tronco: es el área definida por la línea blanca que envuelve el total del recorrido de los movimientos tanto de inclinación como de balanceo. El valor total del área del ángulo del desplazamiento se indica en la columna *Ang*.
- Área de la velocidad angular: a efectos de una mejor comprensión de los datos, se adjunta en la gráfica una barra con los datos de la velocidad angular (tomados de la pantalla de análisis "velocidad angular del tronco"). Debido a su elevado valor, se representa dividida entre 10 (Vel/10).

También a la izquierda, debajo de diagrama de barras de las áreas, observamos otro diagrama de barras, "*Duración*", que nos informará del tiempo empleado para la realización de la prueba. Este dato es interesante, no tanto en los protocolos con una duración predeterminada, sino en aquellos en los que el tiempo de realización de la prueba depende de cuanto emplee el paciente en ella, siendo una variable a estudio a mayores (6, 136, 157).

2º Velocidad angular del tronco.

En esta segunda ventana, al igual que en la anterior, se representan curvas. En este caso, de la velocidad angular de desplazamiento del tronco, tanto en el plano ántero-posterior o inclinación (*pitch*, en lengua inglesa), como en el plano látero-lateral o balanceo (*roll*, en inglés) (150, 151).

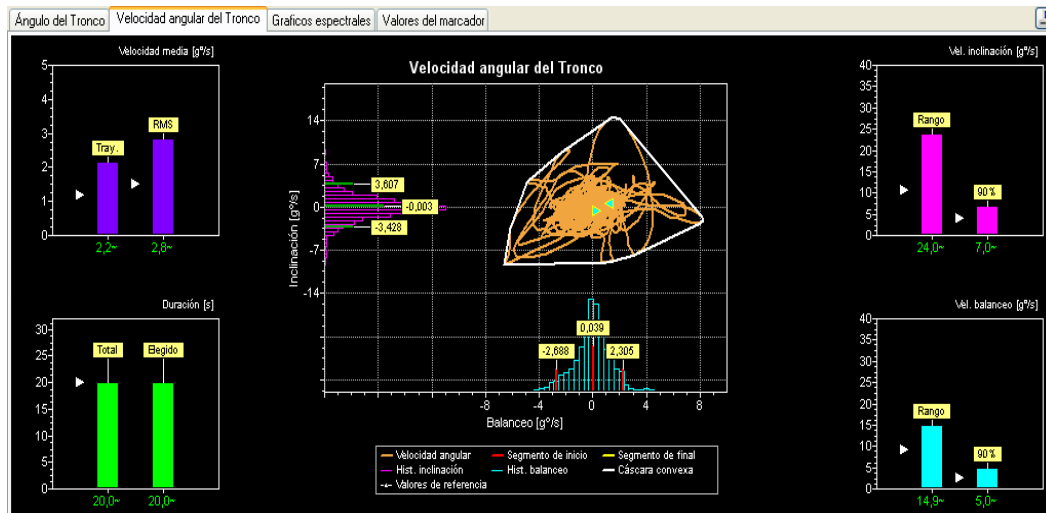


Figura 27: Representación gráfica de la ventana de velocidad angular del tronco (registro propio).

Como podemos observar en la figura 27, en el centro de la imagen nos muestra gráficamente la secuencia realizada por la velocidad angular del tronco durante la realización de la prueba.

A la derecha de la imagen, observamos dos diagramas de barras. El superior, “*Velocidad de inclinación*”, nos da información sobre la velocidad angular del tronco en el plano ántero-posterior; el inferior, “*Velocidad de balanceo*”, sobre la velocidad angular del tronco en el plano látero-lateral. La información sobre dichas velocidades es:

- Rango de recorrido de la velocidad angular de inclinación/balanceo (*Range of peak to peak velocity excursion*): es el recorrido máximo de la velocidad angular del tronco durante toda la prueba.
- Rango del 90% del recorrido de la velocidad angular de inclinación/balanceo (*90% range of pitch/roll velocity excursion*): para definir este rango, el equipo toma el valor máximo de recorrido de la velocidad angular y lo divide en 40 divisiones o barras (gráfica central).

A cada una de estas barras, se le asigna el valor o amplitud de su velocidad angular de inclinación/balanceo. Con todas las muestras clasificadas en barras, se construye un diagrama de barras que se muestra en color lila sobre el eje de ordenadas para la inclinación (Inclinación °/s) y en color azul sobre el eje de abscisas para el balanceo (Balanceo °/s). Sobre los datos de la prueba, se calculan los valores del 5% y 95% del histograma que también se incluyen en él. Las amplitudes entre estos dos límites forman el rango del 90%. Como en la ventana anterior, se etiquetan los valores al 5% y 95%, y la media de las amplitudes del diagrama de barras. En este caso, no se toma el valor medio del diagrama de barras como "cero".

A la izquierda de la imagen observamos otros dos diagramas de barras. En el superior, “*Velocidad media (°/s)*”, observamos la representación gráfica de las áreas que a continuación definimos:

- Media de velocidad angular del desplazamiento (*Mean trunk angular velocity*): es la media de los valores incluidos dentro del área definida por la línea blanca que envuelve el total del recorrido de la velocidad angular de los movimientos, tanto de inclinación como de balanceo. Su valor se expresa en RMS (raíz cuadrada media de los vectores de desplazamiento de la velocidad angular, muestra a muestra).
- Media de la velocidad angular de la ruta (*Mean path velocity*): es la velocidad media de los vectores de movimiento de los desplazamientos angulares, tanto de inclinación como balanceo, muestra a muestra.

También a la izquierda, debajo del diagrama de barras de las medias, observamos otro diagrama de barras, “Duración”, que como en la ventana anterior, nos informará del tiempo empleado para la realización de la prueba.

3º Gráficos espectrales.

En esta tercera ventana se muestran los registros espectrales de la frecuencia de la velocidad angular del tronco, tanto para la inclinación como para el balanceo, analizándose por un lado las densidades espectrales y por otro los pesos espectrales (150, 151).

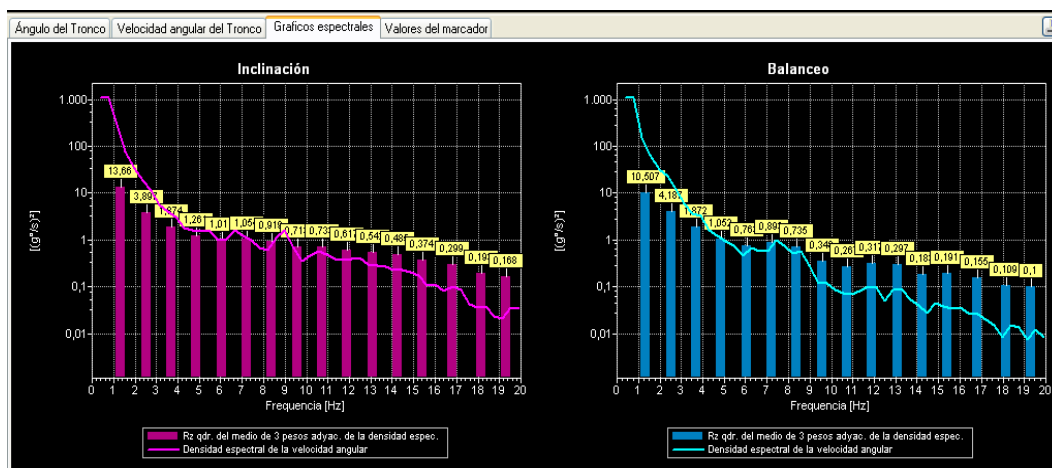


Figura 28: Representación gráfica de la ventana de gráficos espectrales (registro propio).

- Densidades espectrales de la velocidad angular: las densidades espectrales de la velocidad angular de la inclinación y del balanceo del tronco se representan mediante una línea continua, fucsia para la inclinación y azul para el balanceo, como podemos observar en la figura 28. Se analizan los valores espectrales obtenidos durante el tiempo de grabación de la prueba, agrupados en períodos de 2.56 s con espacio de 0.64 s entre grupo y grupo. La escala del eje de frecuencias puede

cambiarse entre los valores 4 y 20 Hz.

- Pesos espectrales de la velocidad angular: los pesos espectrales se representan como columnas, como puede verse en la figura anterior, fucsia para la inclinación y azul para el balanceo. El cálculo se realiza tomando las densidades espectrales cada 0.4 Hz, contabilizando las raíces cuadradas con el fin de obtener una estimación de la amplitud de la velocidad a frecuencias separadas por 0.4 Hz. Después, se realiza el promedio en grupos de 3 densidades. Los valores con una densidad espectral mayor de uno contendrán pesos bajos y, valores inferiores a uno contendrán pesos mayores.

4º Marcadores del valor.

En la cuarta ventana, nos encontramos con una opción que nos permite hacer análisis independientes de ángulos y velocidad angular del tronco de distintos fragmentos de la grabación, dentro de un mismo registro. Podemos analizar hasta diez fragmentos e incluso calcular las diferencias de ángulos y velocidad angular entre unos y otros fragmentos (150, 151).

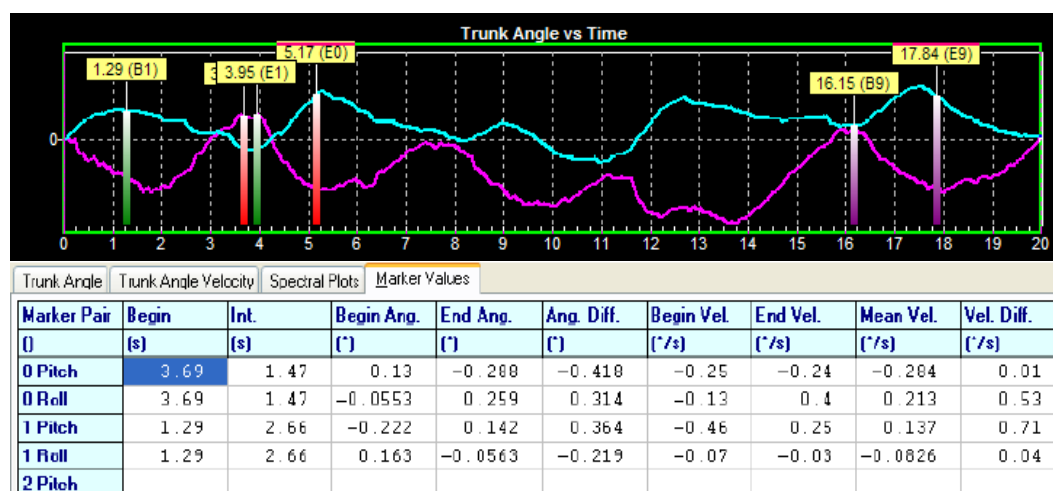


Figura 29: Representación gráfica de la ventana de marcadores del valor (151).

D. Resumen del control del balance (BCS).

Dada la ingente cantidad de datos que nos proporcionan los análisis anteriores y su difícil manejo, el programa Sway Star permite la opción de un análisis resumido (*resumen del control del balance, BCS*), en el que se destacan los aspectos más relevantes de los análisis anteriores, tanto de forma gráfica como numérica (101, 150, 151).

Representación gráfica.

En la representación gráfica se destacan seis apartados: postura, paso, escaleras, un análisis sensorial, un índice y balance y un cociente paso/postura (de los que hablaremos a continuación) (127, 150, 151).

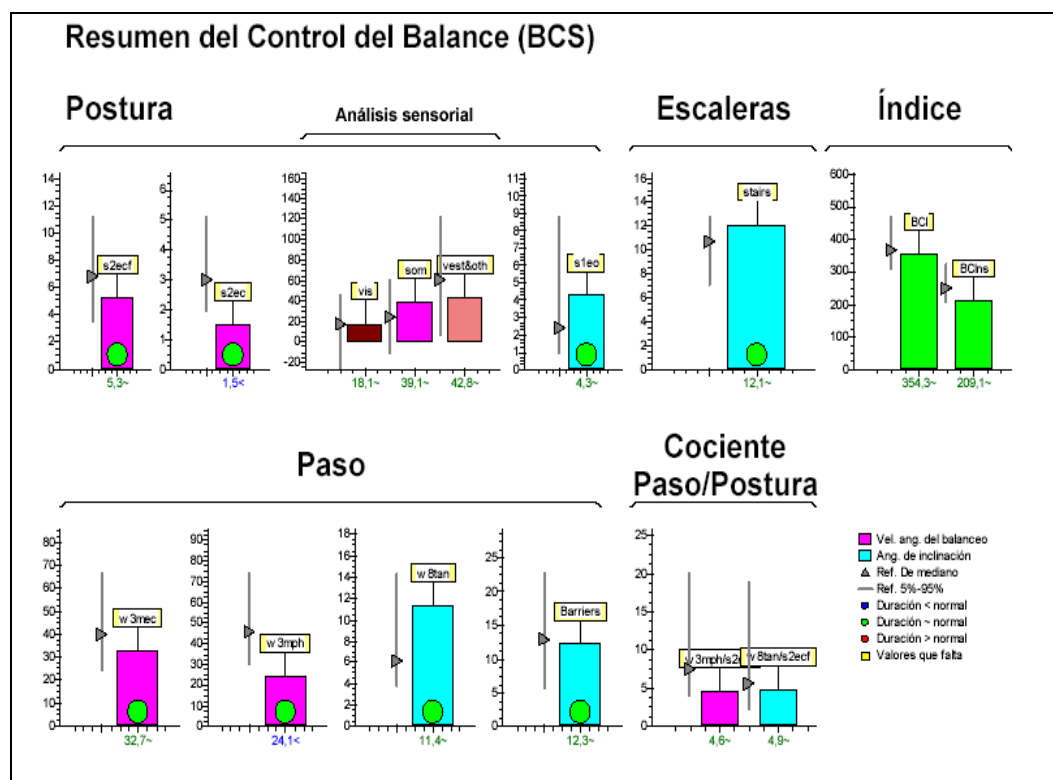


Figura 30: Cuadro resumen de un registro en un individuo sin patología (registro propio).

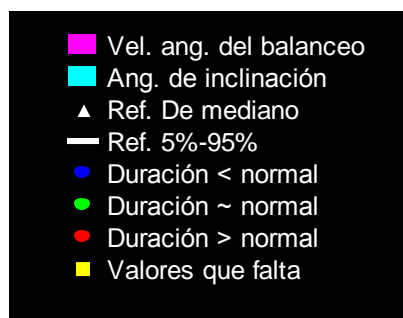


Figura 31: Leyenda del BCS. En ella los rectángulos representan el tipo de medición, los círculos el tiempo empleado en la prueba, y las barras y triángulo los valores de referencia.

Postura.

Para el análisis postural, el Sway Star estima que las medidas que más información nos pueden aportar son el análisis de la velocidad angular del balanceo de los protocolos: “posición estática de pie, con los ojos cerrados, en una superficie de apoyo de espuma” (s2ecf) y “posición estática de pie, con los ojos cerrados, en una superficie normal” (s2ec) y el ángulo de inclinación del tronco del protocolo “posición estática de pie, sobre una pierna, con los ojos abiertos en una superficie normal” (s1eo).

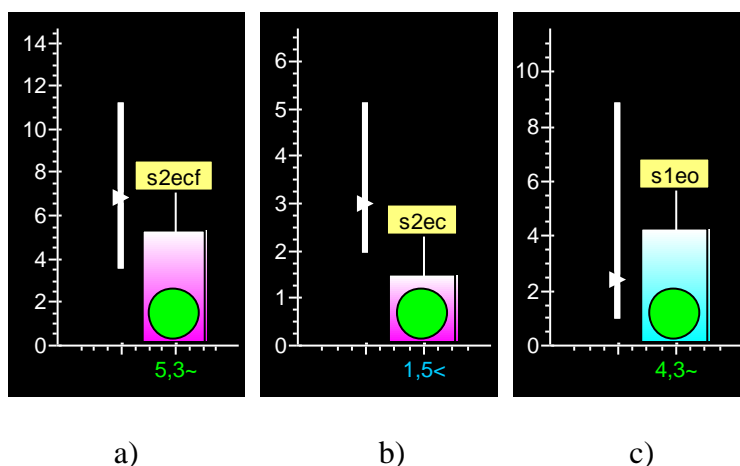


Figura 32: a) Registro en posición estática de pie, con los ojos cerrados, en una superficie de apoyo de espuma (s2ecf): velocidad angular del balanceo dentro de los límites de la normalidad y duración normal. b) Registro en posición estática de pie, con los ojos cerrados, en una superficie normal (s2ec): velocidad angular del balanceo por debajo de lo normal, duración normal. c) Estabilidad en posición estática de pie, sobre una pierna, con los ojos abiertos en una superficie normal (s1eo): ángulo de inclinación dentro de los límites de normalidad, duración normal (registro propio).

Paso.

Para la realización del análisis de paso emplea la velocidad angular del balanceo de los protocolos: “caminar 3 metros, con los ojos cerrados” (w3mec) y “caminar 3 metros moviendo simultáneamente la cabeza, hacia arriba y hacia abajo, al ritmo del paso” (w3mph), así como el ángulo de inclinación del tronco en las pruebas: “caminar 8 pasos en tándem, con los ojos abiertos, en una superficie normal” (w8tan) y “caminar por encima de cuatro barreras” (Barriers).

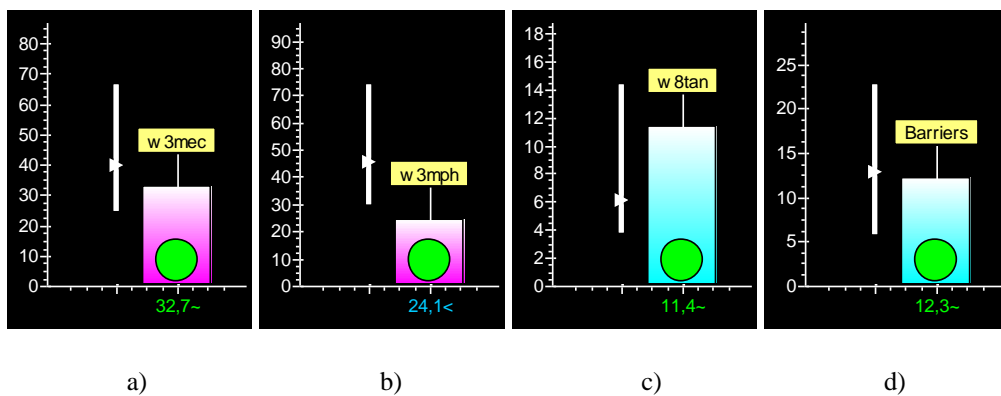


Figura 33: Registro de las pruebas: a) caminar 3 metros, con los ojos cerrados (w3mec): parámetro dentro de la normalidad y duración normal. b) caminar 3 metros moviendo simultáneamente la cabeza, hacia arriba y hacia abajo, al ritmo del paso (w3mph): parámetro por debajo de lo normal, duración normal. c) caminar 8 pasos en tándem, con los ojos abiertos, en una superficie normal (w8tan): parámetro normal, duración normal. d) caminar por encima de cuatro barreras (Barriers): parámetro normal, duración normal (registro propio).

Escaleras.

Para el análisis de esta prueba se emplea el ángulo de inclinación del tronco.

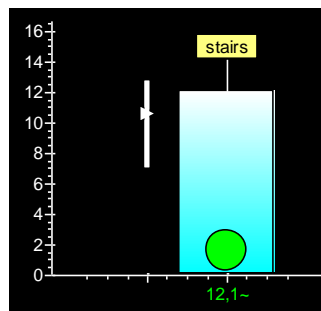


Figura 34: Registro de la pruebas subir y bajar una escalera (stairs): parámetro dentro de los límites de la normalidad y duración normal (registro propio).

Análisis sensorial.

El Sway Star, al igual que el *test de organización sensorial* de la posturografía dinámica computerizada, permite la realización de un análisis sensorial. En éste, a diferencia del calculado por el posturógrafo dinámico, se estima, de manera porcentual, la contribución de cada uno de los principales sistemas (visual, somatosensorial y vestibular) al equilibrio global, proporcionando los índices que se exponen a continuación (101, 150, 151):

Índice visual: se corresponde con la dependencia que tiene un sujeto de la información visual para mantener la estabilidad. Un valor alto indica que al eliminar la información visual el paciente presenta un mayor balanceo y un aumento del riesgo de caída. Dicho índice se consigue a través de la aplicación de la siguiente fórmula:

$$CR_{vs} = \left[\frac{(Vs2ecf - Vs2eof) + (Vs2ec - Vs2eo)}{(Vs2eo + Vs2ec + Vs2eof + Vs2ecf)} \right] \times 100$$

Índice somatosensorial: corresponde a la dependencia que un sujeto tiene de la información propioceptiva de las extremidades inferiores para mantener la estabilidad. Un valor alto indica que al eliminar la información somatosensorial (como al apoyarse en una superficie de espuma) el paciente presenta un mayor balanceo y eventual riesgo de caída.

$$CR_{ss} = \left[\frac{(Vs2ecf - Vs2ec) + (Vs2eof - Vs2eo)}{(Vs2eo + Vs2ec + Vs2eof + Vs2ecf)} \right] \times 100$$

Índice vestibular y otros: es la dependencia del sujeto de otros sistemas de control postural como el vestibular, predictivo, de hemicuerpo superior,... se obtiene a partir de la sustracción de los valores de los índices visual y somatosensorial, el valor puede ser incluso negativo.

$$CRo = 100 - CRvs - CRss$$

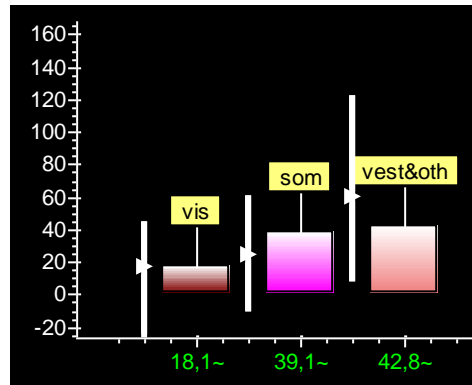


Figura 35: Representación gráfica del análisis sensorial normal (registro propio).

Índice de control del equilibrio (Índices BCI).

El valor del índice es simplemente un valor resumido derivado de varias pruebas de posición y pruebas caminando, de las cuales se han podido extraer ciertas conclusiones, por ejemplo, con finalidades de screening o simplemente para resumir todos los resultados de las pruebas en una pantalla de registros. Los resúmenes o índices BCI (*balance control index*) y BCIns (*balance control index including stairs*) proporcionan un valor que puede indicar una tendencia para un paciente en particular a pertenecer a un grupo de pacientes con resultados similares; por ejemplo, al grupo de pacientes con pérdidas vestibulares periféricas o con función normal del equilibrio (101, 150, 151).

El BCI para el screening de déficits del equilibrio debidos a un trastorno orgánico o no orgánico se obtiene a través de la combinación de los siguientes protocolos.

Tabla 1: Variables implicadas en el cálculo del BCI (150).			
PROTOCOLO	SUPERFICIE	MEDIDA	PESO
Estático de pie con los ojos cerrados	Espuma	Velocidad angular de inclinación	2
Caminar 3m moviendo la cabeza, hacia arriba y abajo, al ritmo del paso.	Normal	Velocidad angular de inclinación	1.5
Subir y bajar una escalera	Normal	Ángulo de balanceo	12
Caminar 3m con los ojos cerrados	Normal	Velocidad angular de inclinación	1.5
8 pasos en tándem	Normal	Ángulo de balanceo	1.0
Caminar 3 m con los ojos cerrados	Normal	Duración	20

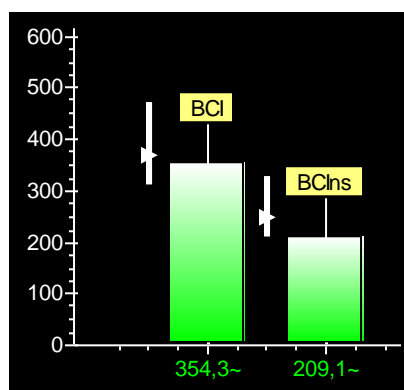


Figura 36: Representación gráfica del índice del control del balance (BCI) e índice del control del balance incluyendo escaleras (BCIns) de un sujeto sano (registro propio).

Cociente paso/postura.

Suponen la resultante de los cocientes, por un lado, de la velocidad angular de los protocolos “caminar 3 metros moviendo la cabeza de arriba a abajo simultáneamente con el paso” (w3mph) y “estático de pie sobre dos piernas con los ojos cerrados sobre una superficie de espuma” (s2ecf).

$$\left[\frac{V_{w3mph}}{V_{s2ecf}} \right]$$

Y, por otro lado, de la resultante del cociente del ángulo de inclinación del tronco de los protocolos, “caminar ocho pasos en tándem sobre una superficie

normal” (w8tan) y “estático de pie sobre dos piernas, con los ojos cerrados, sobre una superficie de espuma” (s2ecf).

$$\left[\frac{Aw8tan}{As2ecf} \right]$$

El numerador de ambos cocientes corresponden con pruebas de paso, mientras que el denominador es una prueba estática, por lo que cuanto mayor sea el balanceo durante la marcha, mayor serán los cocientes.

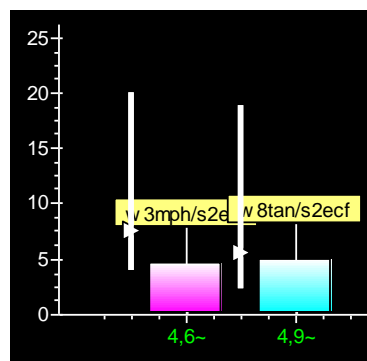


Figura 37: Representación gráfica de los cocientes paso-postura. Dentro de los límites de la normalidad (registro propio).

Representación numérica.

En la primera columna nos encontramos con la abreviatura (inglesa) de cada una de las pruebas. Las que se encuentran duplicadas es debido a que la segunda corresponde a la duración de la prueba (tiempo); la segunda columna corresponde al 5%, valor a partir del cual consideraremos un registro como dentro de la normalidad; la tercera columna corresponde a la mediana; la cuarta, al 95%, valor a partir del cual consideraremos un registro como patológico; la quinta columna hace referencia al tipo de valor de cada medición, pudiéndose tratar de velocidad angular del balanceo en grados por segundo (°/s), ángulo de inclinación (°) o un índice compuesto; en la sexta y última columna nos encontramos con la

descripción de la prueba en inglés para las pruebas sencillas y en castellano para los índices compuestos.

	Valor	5%	Mediano	95%	Tipo del valor	Protocolo de la prueba / Tipo del índice compuesto
s2ecf	5,27~	3,51	6,83	11,19	Vel. ang. del balanceo [g°/s]	1/ 8, 15/03/2007, Standing on 2 legs EC on foam support
s2ecf	20,00~	19,99	20,01	20,02	Duración [s]	1/ 8, 15/03/2007, Standing on 2 legs EC on foam support
s2ec	1,47<	1,96	2,99	5,12	Vel. ang. del balanceo [g°/s]	1/ 3, 15/03/2007, Standing on 2 legs EC
s2ec	20,00~	19,99	20,01	20,02	Duración [s]	1/ 3, 15/03/2007, Standing on 2 legs EC
s2eof	2,67~	2,40	3,26	10,89	Vel. ang. del balanceo [g°/s]	1/ 7, 15/03/2007, Standing on 2 legs EO on foam support
s2eof	20,00~	19,99	20,01	20,02	Duración [s]	1/ 7, 15/03/2007, Standing on 2 legs EO on foam support
s2eo	2,00~	1,77	2,56	6,71	Vel. ang. del balanceo [g°/s]	1/ 2, 15/03/2007, Standing on 2 legs EO
s2eo	20,00~	19,99	20,01	20,02	Duración [s]	1/ 2, 15/03/2007, Standing on 2 legs EO
s1eo	4,27~	0,96	2,40	8,85	Ang. de inclinación [g°]	1/ 4, 15/03/2007, Standing on 1 leg EO
s1eo	20,00~	19,99	20,01	20,02	Duración [s]	1/ 4, 15/03/2007, Standing on 1 leg EO
w3mec	32,68~	24,49	40,10	66,33	Vel. ang. del balanceo [g°/s]	1/13, 15/03/2007, Walking 3m EC
w3mec	5,48~	3,61	4,74	6,69	Duración [s]	1/13, 15/03/2007, Walking 3m EC
w3mph	24,11<	29,98	45,65	73,85	Vel. ang. del balanceo [g°/s]	1/12, 15/03/2007, Walking 3m pitching head
w3mph	7,73~	3,46	4,84	9,14	Duración [s]	1/12, 15/03/2007, Walking 3m pitching head
w8tan	11,35~	3,78	6,15	14,32	Ang. de inclinación [g°]	1/ 6, 15/03/2007, Walking 8 tandem steps EO
w8tan	9,73~	7,55	9,79	14,20	Duración [s]	1/ 6, 15/03/2007, Walking 8 tandem steps EO
Barriers	12,28~	5,76	12,98	22,72	Ang. de inclinación [g°]	1/15, 15/03/2007, Walking over Barriers
Barriers	7,59~	4,81	7,01	10,30	Duración [s]	1/15, 15/03/2007, Walking over Barriers
stairs	12,10~	7,09	10,71	12,77	Ang. de inclinación [g°]	1/14, 15/03/2007, Walking Up and Down Stairs
stairs	4,65~	3,01	4,56	5,95	Duración [s]	1/14, 15/03/2007, Walking Up and Down Stairs
vis	18,10~	-26,66	17,43	45,21	Índice compuesto	Análisis sensorial en velocidad angular del balanceo
som	39,09~	-10,55	24,86	60,26	Índice compuesto	Análisis sensorial en velocidad angular del balanceo
vest&oth	42,82~	7,25	60,45	122,38	Índice compuesto	Análisis sensorial en velocidad angular del balanceo
w3mph/s2ecf	4,58~	3,99	7,52	20,00	Índice compuesto	Cociente en velocidad angular de balanceo
w8tan/s2ecf	4,88~	2,30	5,63	18,89	Índice compuesto	Cociente en ángulo de inclinación
BCI	354,29~	309,36	368,21	470,16	Índice compuesto	Índice del Control del Balance
BCIns	209,08~	208,54	248,25	324,78	Índice compuesto	Índice del Control del Balance reducido (sin las escaleras)

Figura 38: Tabla de resultados numéricos BCS de un individuo sano (registro propio).

Objetivos

Los objetivos del presente estudio son los siguientes:

1. Establecer la influencia de las variables sexo y edad en el equilibrio de voluntarios sanos, medido con posturografía dinámica computerizada.
2. Establecer la influencia de las variables sexo y edad en el equilibrio de los mismos voluntarios sanos, medido con el sistema Sway Star.
3. Proponer unos patrones de normalidad del sistema Sway Star para nuestra población.
4. Establecer si los registros de la posturografía dinámica computerizada se pueden correlacionar con los del sistema Sway Star, en los mismos sujetos normales.
5. Establecer si los registros de la posturografía dinámica computerizada se pueden correlacionar con los del sistema Sway Star, realizados simultáneamente, en los mismos sujetos normales.
6. Comprobar si la repetición de la posturografía dinámica computerizada (sin y con el sistema Sway Star colocado), ya que este hecho puede alterar el centro de gravedad modifica los resultados.

Material y métodos

1. Material.

1.1. Humano.

Seleccionamos un grupo de 70 individuos sanos, sin antecedentes de patología del equilibrio (35 varones y 35 mujeres), con una edad media de 44,9 años (rango entre 16 y 81 años). Fueron distribuidos homogéneamente en siete grupos de edad; menores de 20 años, entre 20 y 29, 30 y 39, 40 y 49, 50 y 59, 60 y 69 e iguales o mayores a 70 años. Las características de cada uno de los grupos se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 2: Características de los grupos del estudio (media \pm -desviación típica), edad (años), talla (cm), peso (kg).							
Grupos	<20	20-29	30-39	40-49	50-59	60-69	≥ 70
Edad	17,7 (\pm 1,2)	26,9 (\pm 1,9)	33,8 (\pm 3,4)	43,8 (\pm 2,9)	53,6 (\pm 2,5)	63,2 (\pm 2,7)	75,3 (\pm 3,9)
Talla	168,7 (\pm 5,6)	171,4 (\pm 13,1)	171 (\pm 10,6)	169,5 (\pm 12,5)	166,5 (\pm 7,1)	167,2 (\pm 7,9)	160,8 (\pm 10,2)
Peso	62,3 (\pm 10,2)	71 (\pm 17,7)	67,7 (\pm 13,6)	70,5 (\pm 18,8)	69,1 (\pm 13,1)	75,5 (\pm 12,1)	70,8 (\pm 22,2)
Varones	5	5	5	5	5	5	5
Mujeres	5	5	5	5	5	5	5
Total	10	10	10	10	10	10	10

Los criterios de inclusión de los sujetos en el estudio fueron los siguientes:

1. Ausencia de patología conocida que afecte al equilibrio.
2. No uso de medicación que afecte al SNC o afecte al equilibrio y a la coordinación.
3. Ausencia de clínica de desequilibrio.
4. Ausencia de clínica sugestiva de patología vestibular o trastornos neurológicos.
5. Ausencia de trastornos psicológicos (incluyendo depresión).

6. Ausencia de historia de caídas inexplicadas en los últimos 6 meses.
7. Visión normal o compensada con gafas.

1.2. Soporte técnico.

1.2.1. Posturógrafo.

Para el estudio postural (realizado por medio del *test de organización sensorial* y de las *pruebas de control voluntario de los desplazamientos del centro de gravedad*), se ha empleado una plataforma posturográfica modelo Smart Balance Master de marca Neurocom®. La superficie de soporte de la plataforma contacta con cuatro transductores simétricamente situados, que miden las fuerzas verticales ejercidas, y con un transductor central, que mide las fuerzas horizontales ejercidas a lo largo del eje ántero-posterior en el plano paralelo al suelo. Está dotado de una pantalla visual móvil y circundante. Esta pantalla, o entorno visual, junto con la plataforma pueden moverse (simultáneamente o no), controlados por el ordenador. Está conectada a un PC Pentium I con el software Smart Balance Master 5.0, instalado bajo el entorno Windows 95 y con un monitor Samsung modelo SyncMaster 3NC® en color, de 14 pulgadas. Los registros se han guardado en el disco duro del ordenador y se han imprimido con la ayuda de una impresora marca Hewlett Packard ® modelo Deskjet 690c.

1.2.2 Sway Star.

Para el estudio postural se ha empleado el sistema Sway Star® modelo sistema 2 conectado a un PC portátil con el software Sway Star® in Windows versión 1.versión 4.0.7.165 instalado bajo el entorno Windows XP. Los registros se han almacenado en el disco duro del ordenador y se ha trabajado directamente sobre ellos sin la necesidad de su impresión.

Como equipo auxiliar se ha empleado:

- A modo de superficie normal, el suelo de plaqueta de las consultas: dura, lisa, llana, sin enmoquetar y no resbaladiza.
- Una superficie de espuma, con una altura de 10 centímetros, 190 centímetros de longitud, 80 centímetros de ancho y una densidad aproximada de 25 *kg/m3*.
- Unas escaleras con dos escalones de subida y dos de bajada, de una altura por escalón de 23 cm, una profundidad de 32 cm, una anchura de 40 cm, con un recubrimiento antideslizante sin pasamanos, fabricadas a medida por el Servicio de Mantenimiento del Complejo Hospitalario Universitario de Santiago de Compostela.
- Unas barreras de 24 cm de alto, también fabricadas a medida por el Servicio de Mantenimiento del Complejo Hospitalario Universitario de Santiago de Compostela, siguiendo las recomendaciones del fabricante del sistema Sway Star.

2. Métodos.

2.1. Historia clínica.

A cada paciente se le realizó una historia clínica detallada, incluyendo datos demográficos y clínicos. Dentro de los datos demográficos, se recogieron el nombre, edad, sexo y profesión. Como datos clínicos, los antecedentes personales y los tratamientos habituales.

2.2. Exploración física.

En la exploración física se recogen la talla y el peso, así como se realiza una exploración otoneurológica básica. Ésta incluye otoscopia, exploración de la fuerza, sensibilidad, pares craneales, índices de Bárány, pruebas cerebelosas, comprobación de ausencia de nistagmo espontáneo o inducido con el test de agitación cefálica, ausencia de movimientos sacádicos mediante test de Halmagy, prueba de Romberg y prueba de Unterberger.

2.3. Estudio Postural.

En primer lugar, en el posturógrafo dinámico, se lleva a cabo un *test de organización sensorial*, en el que se registra de los desplazamientos del centro de presiones, con el paciente de pie, en 6 condiciones:

Condición 1: Ojos abiertos, entorno visual fijo y plataforma fija.

Condición 2: Ojos cerrados y plataforma fija.

Condición 3: Ojos abiertos, entorno visual móvil y plataforma fija.

Condición 4: Ojos abiertos, entorno visual fijo y plataforma móvil.

Condición 5: Ojos cerrados y plataforma móvil.

Condición 6: Ojos abiertos, entorno visual móvil y plataforma móvil.

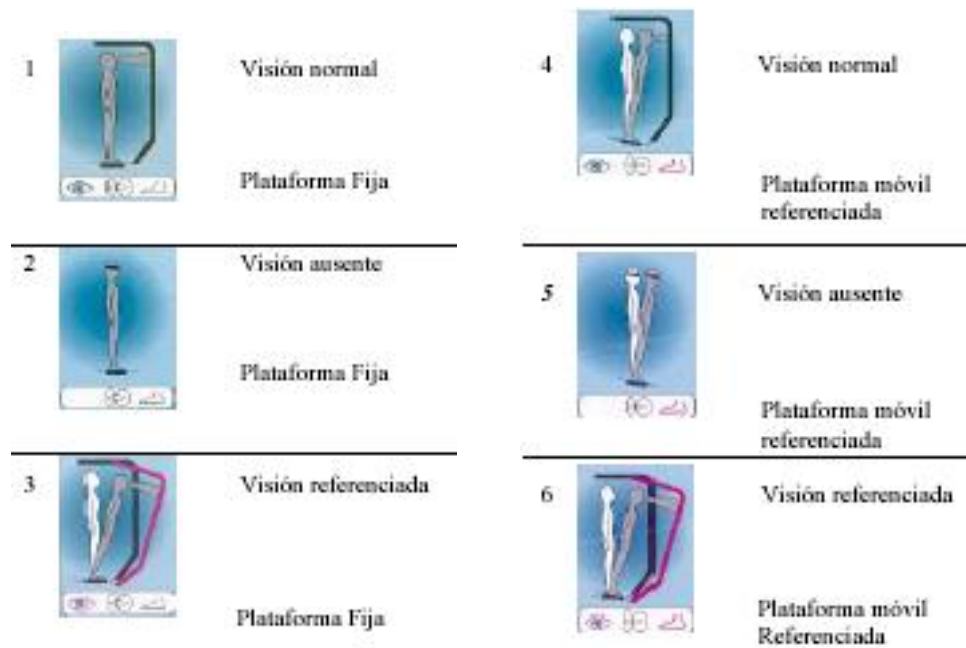


Figura 39: Condiciones del test de organización sensorial (91).

Para la realización del estudio, el paciente se sitúa sobre la plataforma en posición de Romberg, sin calzado (pero provisto de unas calzas), con un arnés de seguridad. De la primera y segunda condición se realiza una única medición, mientras que de las restantes se realizan tres mediciones, con el objetivo de promediar los resultados obtenidos en cada una de ellas. El tiempo en el que se ejecuta cada condición es de 20 segundos.

Para el estudio de los *límites de estabilidad*, se le pide al paciente que desplace su centro de presiones (representado por un pictograma en una pantalla

frente a él) siguiendo la trayectoria de un círculo que se desplaza hacia ocho puntos del espacio, pasando siempre por la posición inicial central.

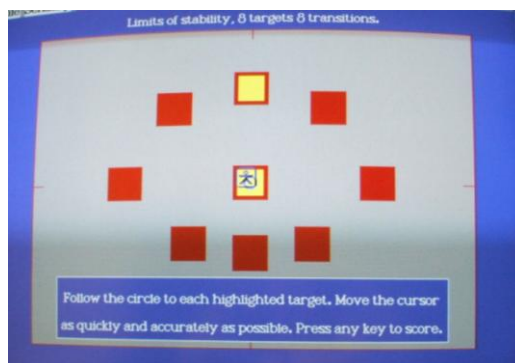


Figura 40: Registro de límites de estabilidad. En el centro observamos el pictograma y debajo de él, el círculo que el paciente ha de seguir en las ocho direcciones (imagen propia).

En segundo lugar, mediante el sistema Sway Star, realizamos una secuencia propia para el estudio del equilibrio, diseñada en nuestro servicio a tal efecto. Ésta secuencia incluye:

1. Límites de estabilidad: se le pide al paciente que se desplace todo lo que pueda hacia delante, hacia atrás, derecha e izquierda. Se analizan el desplazamiento y velocidad del desplazamiento angular máximos.
2. Estático de pie con los ojos abiertos, sobre una superficie normal.
3. Estático de pie con los ojos cerrados, sobre una superficie normal.
4. Estático de pie sobre una pierna con los ojos abiertos, sobre una superficie normal.



Figura 41: Representación de las condiciones 2, 3 y 4 (imagen propia).

5. Estático de pie sobre una pierna, con los ojos cerrados, sobre una superficie normal.
6. Ocho pasos en tándem, con los ojos abiertos, en una superficie normal.



Figura 42: Representación de la condición 6 (imagen propia).

7. Estático de pie con los ojos abiertos, sobre una superficie de apoyo de espuma.
8. Estático de pie con los ojos cerrados, sobre una superficie de apoyo de espuma.
9. Estático de pie sobre una pierna con los ojos abiertos, sobre una superficie de apoyo de espuma.
10. Ocho pasos en tándem, con los ojos abiertos, sobre una superficie de apoyo de espuma.

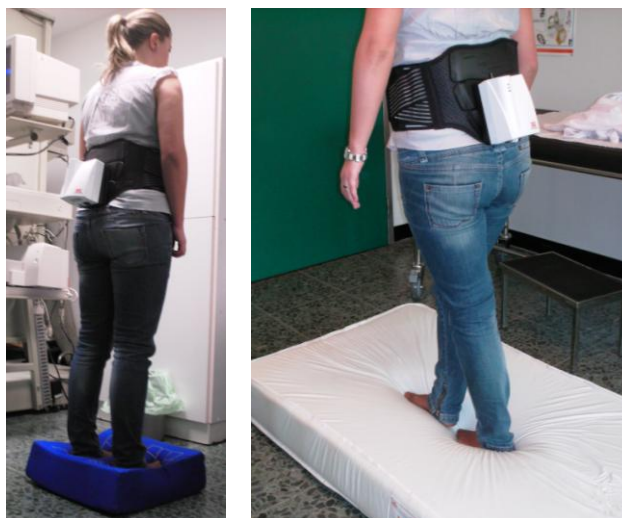


Figura 43: Representación de las condiciones 7 y 10 (imagen propia).

11. Caminar 3 metros moviendo simultáneamente la cabeza, hacia arriba y hacia abajo, al ritmo del paso.
12. Caminar 3 metros girando simultáneamente la cabeza horizontalmente, a izquierda y a derecha, al ritmo del paso.
13. Caminar 3 metros, y aproximadamente cinco pasos con los ojos cerrados.
14. Subir y bajar una escalera de dos escalones de subida y dos de bajada.

15. Caminar por encima de cuatro barreras.



Figura 44: Representación de las condiciones 14 y 15 (imagen propia).

Para la realización del estudio, en las pruebas estáticas, el paciente se sitúa en posición de Romberg, con los pies ligeramente separados, con una distancia equivalente a la anchura de los hombros, sin calzado, pero con calzas. Los protocolos 1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, y 9 tienen un tiempo de ejecución de 20 segundos. El resto de las condiciones no tienen tiempo predeterminado, sino que duran el tiempo que emplee el paciente en la realización de la prueba.

Por último, se realiza un *test de organización sensorial* y unos *límites de estabilidad* en el posturógrafo, con el Sway Star colocado, obteniendo un registro simultáneo con ambos dispositivos. En este caso la prueba se realiza sin arnés, con el sistema Sway Star en su correcta posición y se repite únicamente una vez cada una de las condiciones. El tiempo en el que se ejecuta cada condición es de 20 segundos.

2.4. Estudio estadístico.

La recogida de datos se llevó a cabo a través de una hoja de cálculo de la aplicación *Microsoft Excel* del paquete *Microsoft Office 2000*. Posteriormente, se importó al programa SPSS 16.0 para *Windows*, con el cual se realizó el análisis interferencial estadístico.

En primer lugar, se analizan las medidas de localización y dispersión de los parámetros analizados por la posturografía dinámica computerizada, en el *test de organización sensorial* y los *límites de estabilidad*, estudiando la existencia o no de influencia estadística de las variables sexo y edad en cada uno de los parámetros.

Para contrastar normalidad a todas las variables, que será una hipótesis básica en las técnicas estadísticas que utilizaremos, se emplea el test de Kolmogorov-Smirnov. Para aplicar el contraste, se fijó un nivel de significación del 5%. Por tanto, p-valores del estadístico observado mayores que 0,05 indican que se acepta la hipótesis de normalidad (en caso contrario, se rechaza). En los casos en los que la hipótesis de normalidad fue rechazada, se realizó un análisis de datos atípicos, a través de la representación de los diagramas de caja. Los datos atípicos detectados fueron eliminados y el test de Kolmogorov-Smirnov se aplicó nuevamente, comprobando la normalidad de las variables.

Para establecer la posible existencia de diferencias estadísticamente significativas entre los distintos grupos de sexo y edad, comparamos las medias de dichos grupos aplicando un test de comparación de medias (T-Student), que para dos poblaciones es equivalente al análisis ANOVA; para aplicar este test debemos tener en cuenta si las varianzas se pueden considerar iguales en ambos grupos. Para ello, se

aplicó el Test de Levene para la igualdad de varianzas, y según su resultado, se consideró el estadístico T-Student adecuado. Al igual que para el contraste de normalidad, la significación considerada fue del 5%. Por tanto, para la comparación de las medias de los grupos, si el p-valor es mayor que 0,05 se acepta la hipótesis de que las medias son iguales. En caso contrario (p-valor menor que 0,05) se considerarían distintas, detectando diferencias estadísticamente significativas entre grupos.

El mismo análisis se los aplicaremos a los parámetros analizados en el *resumen del control del balance* (BCS) de nuestro protocolo de estudio postural del sistema Sway Star, estudiando también la existencia de influencia estadística del sexo y la edad en cada uno de los parámetros.

Para determinar los patrones poblacionales de normalidad del *resumen del control del balance* (BCS) del Sway Star hemos escogido un intervalo de confianza para la media al 95%, lo que resultaría de aplicar la fórmula:

$$\text{Media } \pm \left[\frac{1,96 \times \text{desviación típica}}{\sqrt{n}} \right]$$

Para analizar las posibles correlaciones entre variables de la posturografía dinámica y del Sway Star que a priori podrían tener relación, tanto durante la realización de los registros individuales como de forma simultánea, hemos empleado el test de correlación de Pearson. En él, consideramos la existencia de una correlación lineal estadísticamente significativa cuando el p-valor es menor de 0,05.

Para la comparación de resultados del *test de organización sensorial* al realizarlo sin y con Sway Star empleamos un test para muestras apareadas, ya que estamos comparando resultados de dos pruebas distintas pero en los mismos

individuos. El estadístico de contrastes sigue siendo una T de Student para datos apareados. También hemos considerado el test de rangos de Wilcoxon.

Posteriormente analizamos, por un lado, el porcentaje de equilibrio de las distintas condiciones del *test de organización sensorial* obtenido del posturógrafo dinámico al realizarlo simultáneamente con el registro Sway Star; y por otro lado, el ángulo y la velocidad angular de tronco, tanto para la inclinación como para el balanceo proporcionado por el Sway Star.

Por último analizamos las posibles correlaciones entre variables de la posturografía dinámica y del Sway Star que a priori podrían tener relación, tanto durante la realización de los registros individuales como de forma simultánea, y comparamos los resultados del *test de organización sensorial* al realizarlo sin y con el dispositivo del Sway Star.

Resultados

En primer lugar, describiremos las medidas de localización y dispersión de los parámetros analizados por la posturografía dinámica computerizada, en el *test de organización sensorial* y los *límites de estabilidad*, estudiando la existencia o no de influencia de las variables sexo y edad en cada uno de los parámetros.

A continuación, realizaremos la misma descripción de las medidas de localización y dispersión de los parámetros analizados en el *resumen del control del balance* (BCS) de nuestro protocolo de estudio postural del sistema Sway Star. Estudiaremos también la existencia o no de influencia del sexo y la edad en cada uno de los parámetros.

Seguidamente expondremos los patrones poblacionales de normalidad del *resumen del control del balance* (BCS) del Sway Star para la población total y distinguiendo siete grupos de edad.

Posteriormente analizaremos, por un lado, el porcentaje de equilibrio de las distintas condiciones del *test de organización sensorial* obtenido del posturógrafo dinámico al realizarlo simultáneamente con el registro Sway Star; y por otro lado, el ángulo y la velocidad angular de tronco, tanto para la inclinación como para el balanceo proporcionado por el Sway Star.

Por último, analizaremos los posibles correlaciones entre variables de la posturografía dinámica y del Sway Star que a priori podrían tener relación, tanto durante la realización de los registros individuales como de forma simultánea, y compararemos los resultados del *test de organización sensorial* al realizarlo sin y con el Sway Star.

1. Resultados de la posturografía dinámica computerizada.

1.1 Test de organización sensorial.

Se ha realizado un estudio descriptivo de los datos obtenidos en las distintas condiciones, así como del análisis sensorial. Se estudian la media, la mediana, la desviación típica, el máximo y el mínimo, para la población total, por sexos, por grupos de edad y por sexo dentro de estos grupos. Los valores obtenidos se expondrán mediante tablas y representaciones gráficas.

1.1.1 Porcentaje de equilibrio.

En este apartado analizamos los porcentajes de equilibrio para cada una de las condiciones del test de organización sensorial y equilibrio global medio (*Composite*) para la población total, por sexo y por grupos de edad.

a) Para la población total (N=70).

Como podemos observar en la tabla 3, a medida que aumenta la dificultad de las condiciones (disminuye la información sensorial o se ofrece una información sensorial errónea), empeora el porcentaje de equilibrio, obteniéndose el menor porcentaje medio en la condición 5 y el mínimo en la condición 6.

	COND 1	COND 2	COND 3	COND 4	COND 5	COND 6	COMPOSITE
Media	94,70	92,09	92,44	84,72	64,36	70,10	79,86
Mediana	95,00	92,50	93,00	85,67	64,17	70,67	81,00
Desv típica	3,66	3,22	3,19	8,45	10,86	11,83	5,67
Máximo	98,00	97,00	98,00	95,67	82,00	90,00	90,00
Mínimo	72,00	82,00	80,33	46,67	36,67	30,00	68,00

Tabla 3: Estadísticos descriptivos del SOT para la población total.

Aplicando el test de Kolmogorov-Smirnov contrastamos la normalidad de las variables. Si la significación es menor que 0,05, se rechaza la hipótesis de

normalidad; por tanto, si es mayor de 0,05 asumimos que la variable sigue una distribución normal. Como podemos ver en la tabla 4, obtenemos normalidad para todas las variables ($p > 0,05$).

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test								
		COND 1	COND 2	COND 3	COND 4	COND 5	COND 6	COMPOSITE
N		68	70	70	70	70	70	70
Normal Parameters ^a	Mean	95,19	92,09	92,44	84,72	64,36	70,10	79,86
	Std. Deviation	2,039	3,225	3,195	8,454	10,855	11,833	5,670
Most Extreme Differences	Absolute	,151	,116	,108	,160	,071	,101	,123
	Positive	,099	,083	,083	,121	,052	,048	,063
	Negative	-,151	-,116	-,108	-,160	-,071	-,101	-,123
Kolmogorov-Smirnov Z		1,243	,971	,903	1,335	,596	,844	1,027
Asymp. Sig. (2-tailed)		,091	,303	,388	,057	,870	,475	,242

Tabla 4: Test de normalidad de las variables del SOT.

Tabla 4: Test de normalidad de las variables del SOT.

Para los varones (N=35).

En la tabla 5 se exponen los estadísticos descriptivos para los varones. En este caso también se obtiene el menor porcentaje medio en la condición 5, pero el valor mínimo corresponde a esa misma condición.

	COND 1	COND 2	COND 3	COND 4	COND 5	COND 6	COMPOSITE
Media	94,86	92,26	91,62	84,79	64,72	70,10	79,74
Mediana	96,00	93,00	91,00	86,00	66,33	70,33	81,00
Desv típica	4,41	2,94	3,71	8,18	11,45	10,50	6,17
Máximo	98,00	97,00	96,33	95,33	82,00	87,00	90,00
Mínimo	72,00	82,00	80,33	51,00	38,00	41,67	68,00

Tabla 5: Estadísticos descriptivos del SOT para la población masculina.

Para las mujeres (N=35).

Al igual que ocurre en la población total, el menor porcentaje medio lo encontramos en la condición 5 y el valor mínimo en la condición 6.

En la tabla 6 se exponen los estadísticos descriptivos para las mujeres.

	COND 1	COND 2	COND 3	COND 4	COND 5	COND 6	COMPOSITE
Media	94,54	91,91	93,27	84,66	63,99	70,10	79,97
Mediana	95,00	92,00	93,33	85,33	63,00	71,00	81,00
Desv típica	2,78	3,52	2,35	8,84	10,38	13,19	5,22
Máximo	98,00	97,00	98,00	95,67	82,00	90,00	88,00
Mínimo	84,00	83,00	88,33	46,67	36,67	30,00	68,00

Tabla 6: Estadísticos descriptivos del SOT para la población femenina.

En la figura 45, vemos representadas las medias del porcentaje de equilibrio alcanzado en cada unas de las condiciones del *test de organización sensorial*. En este diagrama de barras, la población total la representamos con el color verde, los varones con el azul y las mujeres con el rosa.

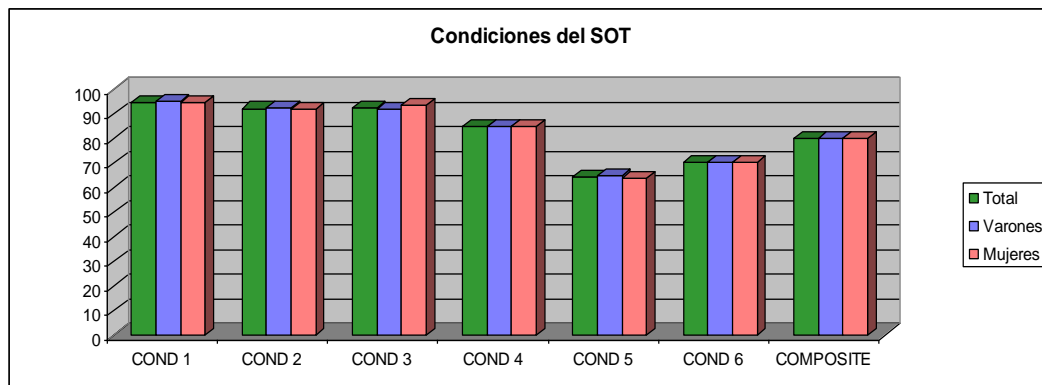


Figura 45: Representación gráfica de la media del porcentaje de equilibrio alcanzado en las distintas condiciones del SOT para la población total (verde), varones (azul) y mujeres (rosa).

Aplicando el test t-Student para comparar la población masculina con la femenina, encontramos **diferencia significativa entre las medias del porcentaje de equilibrio de las condiciones 1 y 3 entre varones y mujeres** de la población total.

En la tabla 7 observamos la existencia de diferencias significativas para la **condición 1** ($p=0,000$). En la figura 46, vemos como el porcentaje de equilibrio es significativamente mayor para los varones.

One-Sample Test						
	Test Value = 0					
	T	Df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
					Lower	Upper
COND 1	385,003	67	,000	95,191	94,70	95,68

Tabla 7: Test t-Student para la condición 1

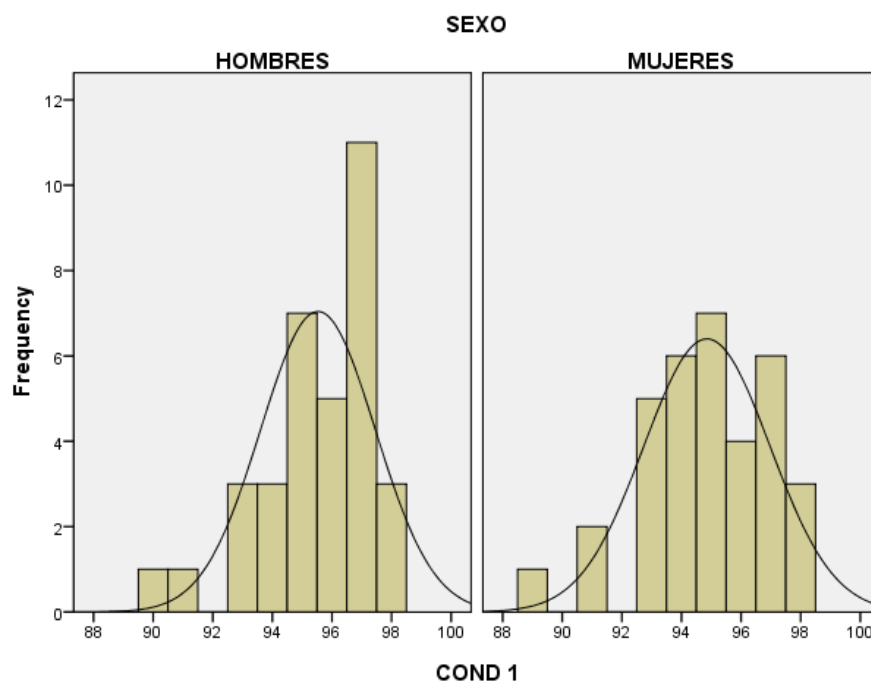


Figura 46: Representación gráfica de la distribución de las medias de varones y mujeres en la condición 1.

En la **condición 3** también se establece diferencia significativa ($p=0,030$) entre la media del porcentaje de equilibrio de ambos sexos. En este caso, la media del porcentaje de equilibrio es estadísticamente superior en las mujeres, como podemos comprobar en la figura 47.

Independent Samples Test									
	Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
	F	Sig.	T	Df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
								Lower	Upper
COND 3 Equal variances assumed	3,150	,080	-2,22	68	,030	-1,648	,743	-3,130	-,165

Tabla 8: Test t-Student para la condición 3.

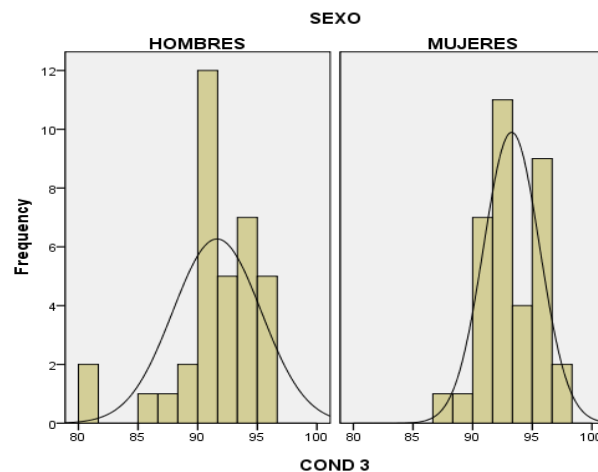


Figura 47: Representación gráfica de la distribución de las medias de varones y mujeres en la condición 3.

b) Menores de 20 años (N=10).

En la tabla 9 se exponen los estadísticos descriptivos para los menores de 20 años, para la población total, para los varones (V) y para las mujeres (M). Observamos que, al igual que para la población total, el menor porcentaje medio de equilibrio y el valor mínimo corresponden a la condición 5, tanto para el total del grupo como para ambos sexos.

Tabla 9: Estadísticos descriptivos del SOT para menores de 20 años. (V): varones, (M): mujeres							
	COND 1	COND 2	COND 3	COND 4	COND 5	COND 6	COMPOSITE
Media	95,30	92,90	91,80	87,97	62,07	68,73	79,80
(V)	95,40	92,20	89,87	87,93	62,93	68,20	79,40
(M)	95,20	93,60	93,73	88,00	61,20	69,27	80,20
Mediana	95,50	93,00	93,33	88,00	63,17	69,50	80,50
(V)	97,00	93,00	90,00	87,67	63,33	68,67	78,00
(M)	95,00	93,00	94,00	88,33	63,00	75,00	82,00
Desv típica	2,16	1,79	4,31	5,29	9,76	10,53	5,29
(V)	2,61	1,64	5,39	5,04	10,79	9,41	6,07
(M)	1,92	1,82	1,83	6,12	9,79	12,66	5,07
Máximo	98,00	96,00	95,67	95,67	77,00	82,33	88,00
(V)	97,00	94,00	94,67	93,00	77,00	82,33	88,00
(M)	98,00	96,00	95,67	95,67	71,00	78,00	85,00
Mínimo	91,00	90,00	81,00	80,00	47,33	48,00	72,00
(V)	91,00	90,00	81,00	80,67	50,33	57,67	74,00
(M)	93,00	92,00	91,00	80,00	47,33	48,00	72,00

En la figura 48 vemos representada la media del porcentaje de equilibrio obtenido por el total del grupo de edad (barra verde), los varones (barra azul) y las mujeres (barra rosa).

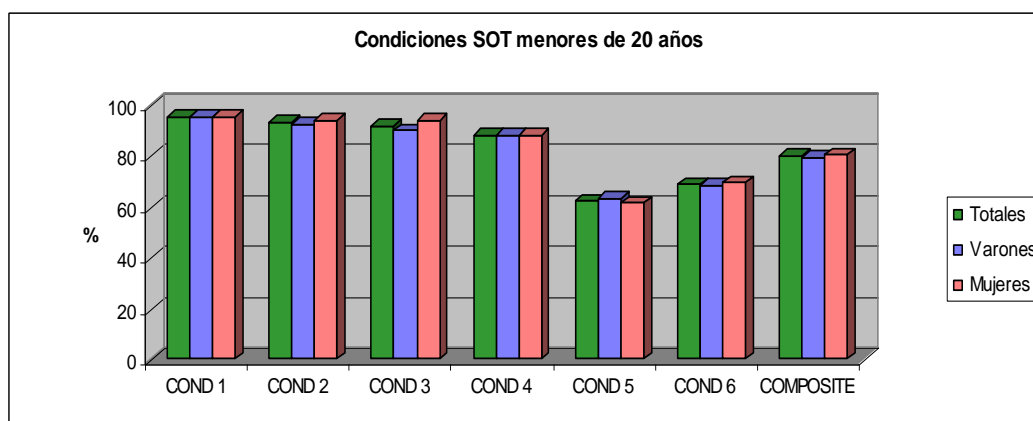


Figura 48: Representación gráfica de la media alcanzada en las distintas condiciones del SOT para los menores de 20 años.

c) Entre 20 y 29 años (N=10).

En la tabla 10 se exponen los estadísticos descriptivos para el grupo de edad de 20 a 29 años, para la población total, para los varones (V) y para las

mujeres (M). En este grupo, también podemos observar que el menor porcentaje medio de equilibrio y el valor mínimo corresponden a la condición 5, tanto para el total del grupo como para ambos sexos.

Tabla 10: Estadísticos descriptivos del SOT para grupo de edad de 20 a 29 años (V): varones, (M): mujeres.

	COND 1	COND 2	COND 3	COND 4	COND 5	COND 6	COMPOSITE
Media	96,10	92,40	91,07	84,60	66,10	69,23	80,20
(V)	96,80	92,80	89,33	83,80	70,13	75,20	81,80
(M)	95,40	92,00	92,80	85,40	62,07	63,27	78,60
Mediana	97,00	93,00	92,83	84,50	68,00	72,33	80,50
(V)	97,00	92,00	91,00	83,67	74,67	74,67	82,00
(M)	95,00	95,00	93,33	85,33	62,33	66,33	78,00
Desv típica	1,52	3,95	4,86	5,76	10,27	10,89	4,16
(V)	1,10	1,64	6,16	1,98	10,51	6,99	3,27
(M)	1,67	5,66	2,75	8,32	9,28	11,36	4,67
Máximo	98,00	97,00	95,33	93,00	79,00	83,67	86,00
(V)	98,00	95,00	94,67	86,00	79,00	83,67	86,00
(M)	97,00	97,00	95,33	93,00	71,33	75,33	85,00
Mínimo	93,00	83,00	80,33	72,67	47,00	51,33	72,00
(V)	95,00	91,00	80,33	81,00	52,67	65,33	77,00
(M)	93,00	83,00	88,33	72,67	47,00	51,33	72,00

En la figura 49 vemos representada la media del porcentaje de equilibrio obtenido por el total del grupo de edad (barra verde), los varones (barra azul) y las mujeres (barra rosa).

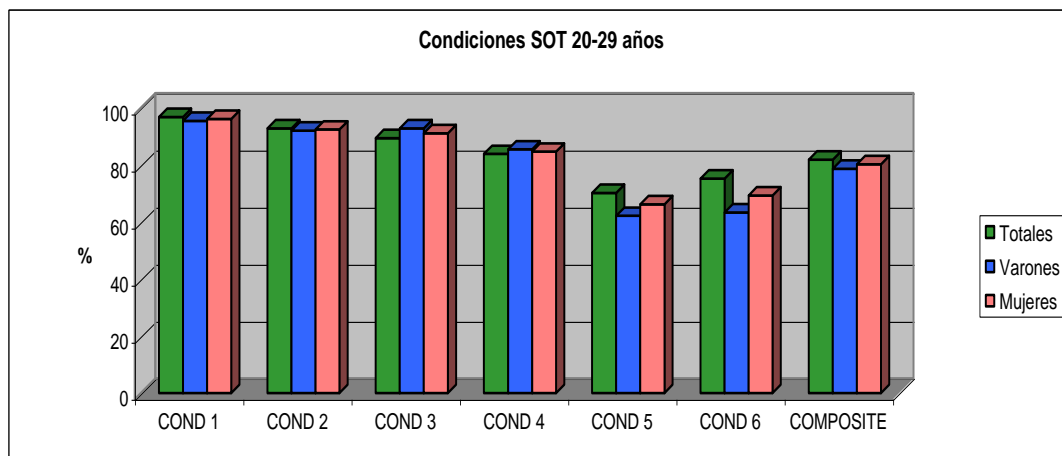


Figura 49: Representación gráfica de la media alcanzada en las distintas condiciones del SOT para el grupo de edad 20-29 años.

d) Entre 30 y 39 años (N=10).

En la tabla 11 se exponen los estadísticos descriptivos para el grupo de edad de 30 a 39 años, para la población total, para los varones (V) y las mujeres (M). En este grupo, el menor porcentaje medio de equilibrio corresponde a la condición 6 para la población total y para las mujeres, mientras que para los varones sigue siendo en la condición 5. En lo que respecta al valor mínimo, corresponde a la condición 6 para los tres grupos.

Tabla 11: Estadísticos descriptivos del SOT para grupo de edad de 30 a 39 años (V): varones, (M): mujeres.							
	COND 1	COND 2	COND 3	COND 4	COND 5	COND 6	COMPOSITE
Media	94,80	92,50	94,40	88,17	69,73	68,90	82,20
(V)	94,40	91,80	93,53	88,27	70,27	74,40	83,20
(M)	95,20	93,20	95,27	88,07	69,20	63,40	81,20
Mediana	95,00	93,50	94,17	91,33	68,50	74,33	83,00
(V)	95,00	94,00	93,33	92,33	66,33	77,00	84,00
(M)	95,00	93,00	95,33	91,33	70,67	68,00	82,00
Desv típica	2,39	4,06	2,14	6,30	8,21	16,55	5,37
(V)	2,97	5,54	2,17	8,23	8,86	13,03	6,14
(M)	1,92	2,28	1,92	4,63	8,51	19,25	4,97
Máximo	98,00	96,00	98,00	94,33	82,00	87,00	90,00
(V)	97,00	95,00	96,33	94,33	82,00	87,00	90,00
(M)	98,00	96,00	98,00	91,67	80,33	79,33	86,00
Mínimo	90,00	82,00	90,33	74,33	59,00	30,00	73,00
(V)	90,00	82,00	90,33	74,33	62,67	52,33	74,00
(M)	93,00	91,00	93,00	82,67	59,00	30,00	73,00

Al igual que en los grupos anteriores, en la figura 50 vemos representada la media del porcentaje de equilibrio obtenido por el total del grupo de edad (barra verde), los varones (barra azul) y las mujeres (barra rosa).

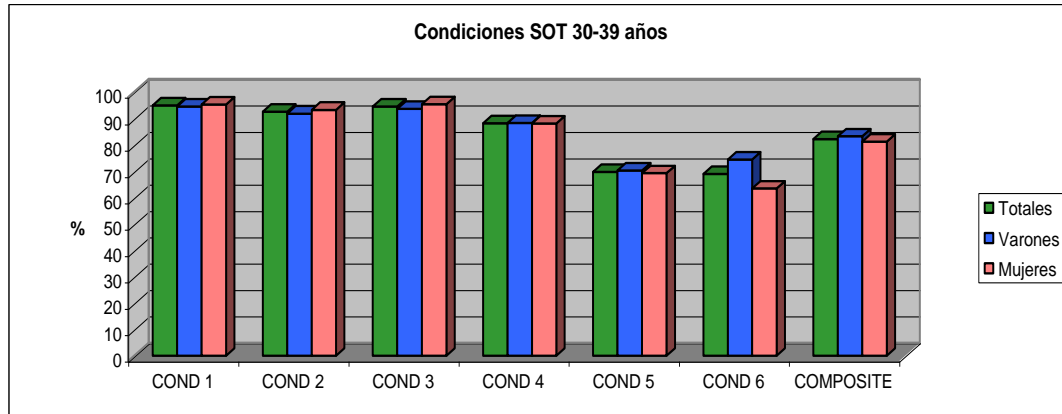


Figura 50: Representación gráfica de la media alcanzada en las distintas condiciones del SOT para el grupo de edad 30-39 años.

e) Entre 40 y 49 años (N=10).

En la tabla 12 se exponen los estadísticos descriptivos para el grupo de edad de 40 a 49 años, para la población total, para los varones (V) y las mujeres (M). Observamos que, al igual que para la población total, el menor porcentaje medio de equilibrio corresponde a la condición 5. El mínimo corresponde con la condición 5 para los varones; para las mujeres y la población total corresponde a la condición 6.

Tabla 12: Estadísticos descriptivos del SOT para grupo de edad de 40 a 49 años (V): varones, (M): mujeres							
	COND 1	COND 2	COND 3	COND 4	COND 5	COND 6	COMPOSITE
Media	95,80	92,10	93,83	88,17	68,37	72,57	82,50
(V)	96,40	94,00	93,87	90,40	72,00	75,27	84,60
(M)	95,20	90,20	93,80	85,93	64,73	69,87	80,40
Mediana	96,00	93,50	94,50	91,50	66,00	75,83	84,00
(V)	96,00	95,00	94,67	92,00	78,33	79,33	88,00
(M)	96,00	91,00	94,33	87,33	64,33	71,00	82,00
Desv típica	2,57	4,68	2,28	6,84	12,24	11,60	6,90
(V)	1,14	3,54	1,88	5,32	13,32	10,48	6,47
(M)	3,56	5,26	2,85	8,03	11,25	13,23	7,37
Máximo	98,00	97,00	97,67	95,33	82,00	84,67	90,00
(V)	98,00	97,00	95,67	95,33	82,00	82,67	90,00
(M)	98,00	97,00	97,67	92,67	81,33	84,67	88,00
Mínimo	89,00	84,00	90,67	73,00	49,67	48,67	69,00
(V)	95,00	88,00	91,00	81,33	51,00	57,00	74,00
(M)	89,00	84,00	90,67	73,00	49,67	48,67	69,00

En la figura 51 vemos representada la media del porcentaje de equilibrio obtenido por el total del grupo de edad (barra verde), los varones (barra azul) y las mujeres (barra rosa).

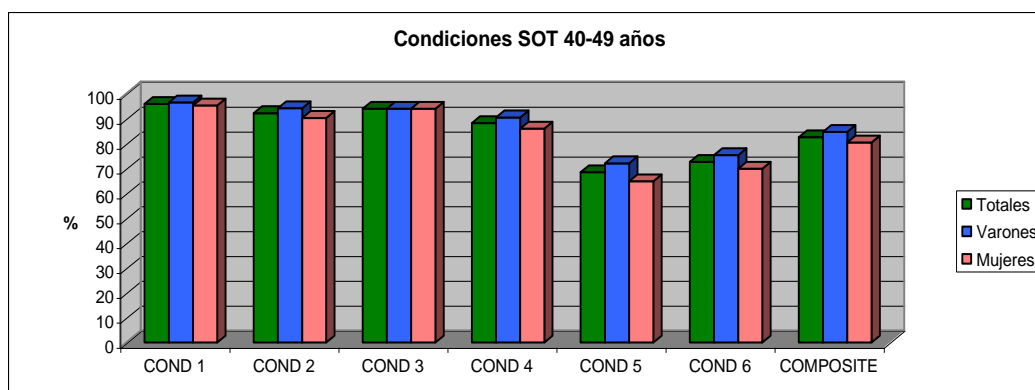


Figura 51: Representación gráfica de la media alcanzada en las distintas condiciones del SOT para el grupo de edad 40-49 años.

f) Entre 50 y 59 años (N=10).

En la tabla 13 se exponen los estadísticos descriptivos para el grupo de edad de 50 a 59 años, para la población total, para los varones (V) y para las mujeres (M). Observamos que el menor porcentaje medio de equilibrio corresponde a la condición 5. El valor mínimo también corresponde a la condición 5 para las mujeres y la población total, mientras que para los varones el valor mínimo corresponde a la condición 6.

Tabla 13: Estadísticos descriptivos del SOT para grupo de edad de 50 a 59 años (V): varones, (M): mujeres.							
	COND 1	COND 2	COND 3	COND 4	COND 5	COND 6	COMPOSITE
Media	92,70	92,00	92,83	79,30	58,00	65,07	76,00
(V)	91,40	92,00	92,87	80,73	55,93	57,07	74,20
(M)	94,00	92,00	92,80	77,87	60,07	73,07	77,80
Mediana	94,50	92,00	92,67	81,17	59,67	65,50	76,50
(V)	96,00	91,00	93,00	80,00	58,00	55,33	71,00
(M)	94,00	93,00	92,67	83,67	63,00	66,67	79,00
Desv típica	7,57	2,49	2,45	12,76	11,45	13,50	6,00
(V)	10,95	2,83	3,35	6,60	8,98	11,92	6,02
(M)	2,24	2,45	1,50	17,82	14,28	10,39	6,06
Máximo	98,00	95,00	96,33	91,33	74,00	86,00	84,00
(V)	98,00	95,00	96,33	91,33	67,33	72,00	84,00
(M)	97,00	95,00	95,33	89,67	74,00	86,00	84,00
Mínimo	72,00	89,00	89,00	46,67	36,67	41,67	68,00
(V)	72,00	89,00	89,00	74,33	46,67	41,67	70,00
(M)	91,00	89,00	91,67	46,67	36,67	64,33	68,00

En la figura 52 vemos representada la media del porcentaje de equilibrio obtenido por el total del grupo de edad (barra verde), los varones (barra azul) y las mujeres (barra rosa).

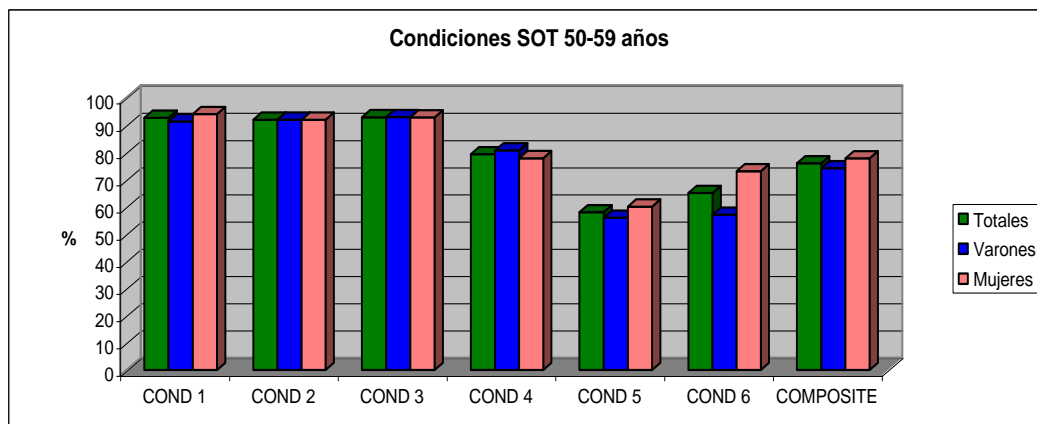


Figura 52: representación gráfica de la media alcanzada en las distintas condiciones del SOT para el grupo de edad 50-59 años.

g) Entre 60 y 69 años (N=10).

En la tabla 14 se exponen los estadísticos descriptivos para el grupo de edad de 60 a 69 años, para la población total, para los varones (V) y para las mujeres (M). En este grupo, también podemos observar que el menor porcentaje

medio de equilibrio y el valor mínimo corresponden a la condición 5, tanto para el total del grupo como para ambos sexos.

Tabla 14: Estadísticos descriptivos del SOT para grupo de edad de 60 a 69 años (V): varones, (M): mujeres.

	COND 1	COND 2	COND 3	COND 4	COND 5	COND 6	COMPOSITE
Media	95,20	90,60	92,10	86,07	58,30	71,30	78,50
(V)	95,00	90,20	90,87	86,20	56,27	68,73	77,00
(M)	95,40	91,00	93,33	85,93	60,33	73,87	80,00
Mediana	95,00	91,00	91,17	87,00	58,00	69,33	79,00
(V)	95,00	90,00	91,00	86,67	56,67	69,33	78,00
(M)	95,00	91,00	93,33	87,33	59,33	70,00	81,00
Desv típica	1,14	2,95	2,56	2,23	9,86	8,88	4,25
(V)	0,71	1,92	1,89	2,48	11,46	5,10	5,20
(M)	1,52	3,94	2,72	2,24	8,78	11,61	2,83
Máximo	97,00	96,00	96,33	88,67	70,33	88,33	83,00
(V)	96,00	93,00	93,33	88,67	67,67	75,67	81,00
(M)	97,00	96,00	96,33	88,00	70,33	88,33	83,00
Mínimo	94,00	85,00	88,00	83,00	38,00	61,33	68,00
(V)	94,00	88,00	88,00	83,00	38,00	61,33	68,00
(M)	94,00	85,00	90,00	83,33	49,00	61,33	77,00

Como en los apartados anteriores, en la figura 53 vemos representada la media del porcentaje de equilibrio obtenido por el total del grupo de edad (barra verde), los varones (barra azul) y las mujeres (barra rosa).

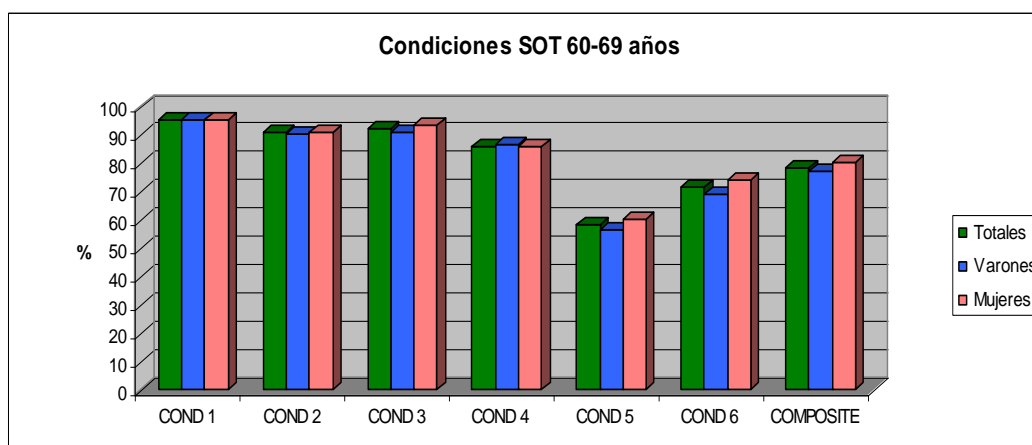


Figura 53: Representación gráfica de la media alcanzada en las distintas condiciones del SOT para el grupo de edad 60-69 años.

h) Mayores o iguales a 70 años (N=10).

En la tabla 15 se exponen los estadísticos descriptivos para el grupo de edad de mayores o iguales a 70 años, para la población total, para los varones (V) y para las mujeres (M). Observamos que el menor porcentaje medio de equilibrio corresponde a la condición 5. El valor mínimo corresponde con la condición 5 para varones y población total, mientras que para las mujeres el valor mínimo corresponde a la condición 6.

Tabla 15: Estadísticos descriptivos del SOT para mayores o iguales a 70 años (V): varones, (M): mujeres.							
	COND 1	COND 2	COND 3	COND 4	COND 5	COND 6	COMPOSITE
Media	93,00	92,10	91,07	78,80	67,93	74,87	79,80
(V)	94,60	92,80	91,00	76,20	65,53	71,80	78,00
(M)	91,40	91,40	91,13	81,40	70,33	77,93	81,60
Mediana	93,50	91,50	91,00	81,50	70,33	74,50	81,50
(V)	94,00	93,00	91,00	80,00	69,67	69,67	81,00
(M)	93,00	90,00	91,00	83,00	71,00	85,00	85,00
Desv típica	3,59	2,02	1,55	10,99	9,92	10,40	6,18
(V)	1,82	1,79	1,65	14,52	9,40	6,34	5,61
(M)	4,39	2,19	1,64	6,66	10,89	13,41	6,80
Máximo	97,00	95,00	93,67	89,00	82,00	90,00	88,00
(V)	97,00	95,00	93,67	88,00	73,33	78,67	82,00
(M)	95,00	95,00	93,33	89,00	82,00	90,00	88,00
Mínimo	84,00	90,00	89,00	51,00	50,67	57,67	69,00
(V)	93,00	91,00	89,33	51,00	50,67	64,00	69,00
(M)	84,00	90,00	89,00	71,00	58,33	57,67	72,00

Y por último, también para los mayores o iguales a 70 años representamos, como vemos en la figura 54, la media del porcentaje de equilibrio obtenido por el total del grupo de edad (barra verde), los varones (barra azul) y las mujeres (barra rosa).

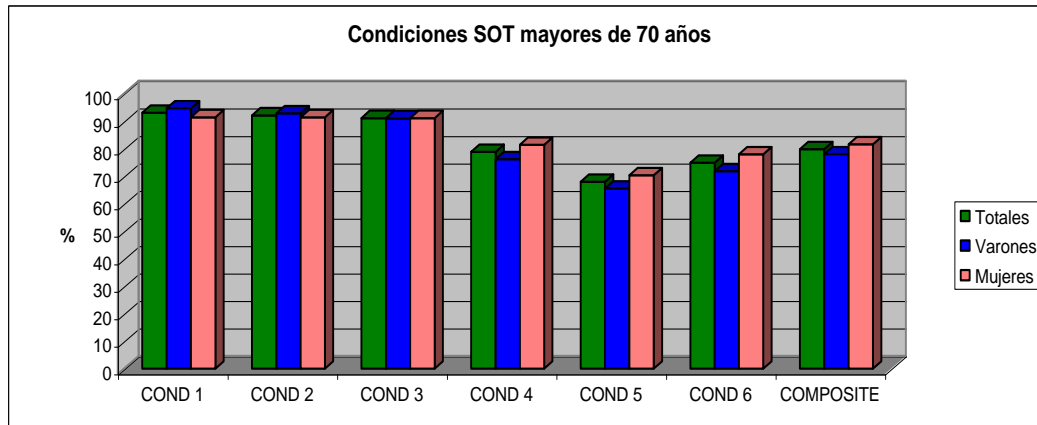


Figura 54: Representación gráfica de la media alcanzada en las distintas condiciones del SOT para mayores o iguales a 70 años.

A continuación, aplicando el test de ANOVA podemos **comparar las medias de todos los grupos de edad. Establece la existencia de diferencia estadísticamente significativa de la media de porcentaje de equilibrio entre los distintos grupos para la condición 4** ($p=0,022$), estando la condición 5 en el límite ($p=0,005$).

ANOVA

		Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
COND 4	Between Groups	1005,505	6	167,584	2,689	,022
	Within Groups	3926,267	63	62,322		
	Total	4931,771	69			
COND 5	Between Groups	1431,549	6	238,592	2,244	,050
	Within Groups	6699,411	63	106,340		
	Total	8130,960	69			

Tabla 16: Resultados del ANOVA para el análisis de las distintas condiciones del SOT entre los distintos grupos de edad.

En la tabla 17, presentamos, a modo de resumen, las medias de las distintas condiciones del test de organización sensorial en los distintos grupos de edad, remarcando en naranja (*) la condición 4, en la que hemos obtenido

diferencias estadísticamente significativas. Vemos que en los grupos de edad de 30 a 39 y 40 a 49 años son en los que se evidencia un porcentaje de equilibrio más elevado.

Tabla 17: Comparación de medias de las condiciones del SOT en los distintos grupos de edad.							
	COND 1	COND 2	COND 3	COND 4	COND 5	COND 6	COMPOSITE
<20 años	95,30	92,90	91,80	87,97*	62,07	68,73	79,80
20-29años	96,10	92,40	91,07	84,60*	66,10	69,23	80,20
30-39 años	94,80	92,50	94,40	88,17*	69,73	68,90	82,20
40-49 años	95,80	92,10	93,83	88,17*	68,37	72,57	82,50
50-59 años	92,70	92,00	92,83	79,30*	58,00	65,07	76,00
60-69 años	95,20	90,60	92,10	86,07*	58,30	71,30	78,50
≥70 años	93,00	92,10	91,07	78,80*	67,93	74,87	79,80

En la figura 55 vemos representada la media del porcentaje de equilibrio de los distintos grupos de edad para cada una de las condiciones del test de organización sensorial. Como podemos observar, la condición 5 es, de manera global, la que presenta un peor equilibrio medio.

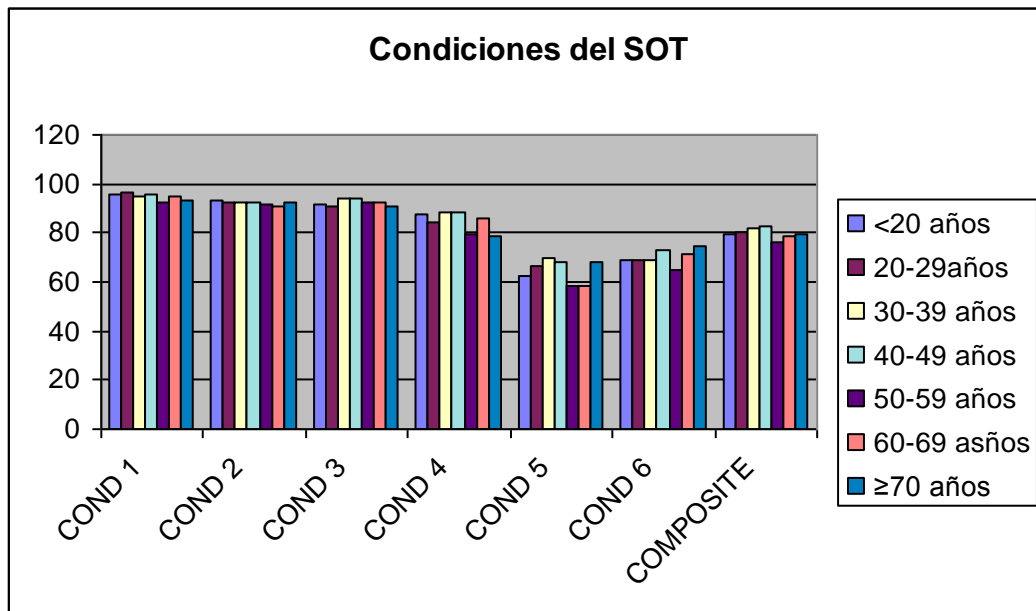


Figura 55: Representación gráfica de la media del porcentaje de equilibrio alcanzado por cada grupo de edad en las distintas condiciones del test de organización sensorial.

1.1.2 Análisis sensorial.

Como ya mencionamos con anterioridad, el análisis sensorial nos aporta información sobre la participación de cada sistema sensorial en el correcto mantenimiento del equilibrio.

a) Para la población total (N=70).

A continuación mostramos el estudio descriptivo del análisis sensorial para la población total y por sexos. Como en el apartado anterior, se estudian la media, la mediana, la desviación típica, el máximo y el mínimo, que mostramos en la tabla 18. En ella podemos observar que el valor medio de la contribución somatosensorial, visual y vestibular es ligeramente superior para los varones, mientras que el valor medio de la tolerancia al conflicto visual es mayor en las mujeres.

Tabla 18: Estadísticos descriptivos del análisis sensorial para la población total (V): varones, (M): mujeres.				
	Somatosensorial	Visual	Vestibular	Conflicto visual
Media	97,37	89,51	67,93	104,45
(V)	97,47	89,53	68,19	103,35
(M)	97,27	89,49	67,67	105,56
Mediana	97,41	90,28	68,90	103,72
(V)	96,91	90,53	69,42	103,34
(M)	97,87	90,03	67,03	104,74
Desv típica	4,80	8,68	10,93	8,53
(V)	5,65	8,94	11,29	7,10
(M)	3,85	8,55	10,71	9,74
Máximo	126,39	106,02	87,23	135,22
(V)	126,39	106,02	85,42	124,87
(M)	107,14	98,21	87,23	135,22
Mínimo	87,37	51,28	40,00	81,56
(V)	91,11	53,13	40,00	86,51
(M)	87,37	51,28	40,29	81,56

En la 56 figura vemos representado el análisis sensorial para la población total (conos verdes), varones (conos azules) y mujeres (conos rosas).

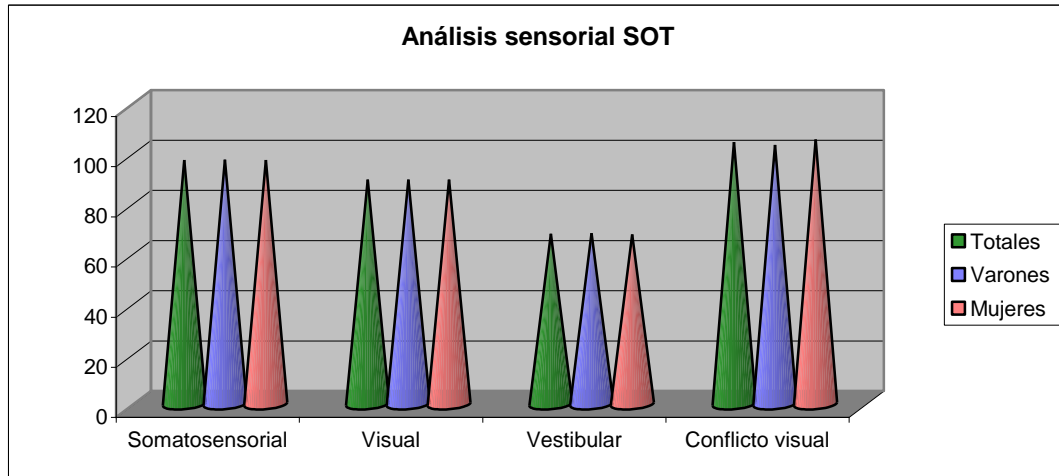


Figura 56: Representación gráfica de la media alcanzada por las distintas contribuciones sensoriales en la población general.

Una vez obtenida la normalidad de las variables mediante el test de Kolmogorov-Smirnov, al aplicar el test t-Student, no encontramos diferencia significativa entre varones y mujeres para la media de ninguna de las contribuciones ($p > 0,05$). Por ello, a continuación presentamos los estadísticos descriptivos para el análisis sensorial por grupos de edad, sin hacer distinción por sexo.

b) Menores de 20 años (N=10).

En la tabla 19 se recogen los estadísticos descriptivos para el grupo de edad de menores de 20 años.

Tabla 19: Estadísticos descriptivos para el análisis sensorial de menores de 20 años.

	Somatosensorial	Visual	Vestibular	Conflicto visual
Media	97,50	92,31	65,08	103,74
Mediana	97,39	95,09	64,79	102,80
Desv típica	1,48	5,26	9,76	7,26
Máximo	100,00	97,62	79,38	121,29
Mínimo	95,79	83,16	49,82	95,49

c) Entre 20 y 29 años (N=10).

En la tabla 20 se recogen los estadísticos descriptivos para el grupo de edad de 20 a 29 años.

Tabla 20: Estadísticos descriptivos para el análisis sensorial del grupo de edad de 20 a 29 años.

	Somatosensorial	Visual	Vestibular	Conflicto visual
Media	96,16	88,01	68,71	101,48
Mediana	96,35	87,00	70,84	102,06
Desv típica	4,00	5,54	10,09	7,54
Máximo	102,15	97,89	81,44	111,83
Mínimo	87,37	78,14	49,47	88,58

d) Entre 30 y 39 años (N=10).

En la tabla 21 se recogen los estadísticos descriptivos para el grupo de edad de 30 a 39 años.

Tabla 21: Estadísticos descriptivos para el análisis sensorial del grupo de edad de 30 a 39 años.

	Somatosensorial	Visual	Vestibular	Conflicto visual
Media	97,57	93,00	73,46	100,77
Mediana	97,42	96,11	72,01	102,00
Desv típica	3,39	6,29	7,36	9,74
Máximo	103,23	98,21	84,54	117,05
Mínimo	91,11	79,93	63,44	81,56

e) Entre 40 y 49 años (N=10).

En la tabla 22 se recogen los estadísticos descriptivos para el grupo de edad de 40 a 49 años.

Tabla 22: Estadísticos descriptivos para el análisis sensorial del grupo de edad de 40 a 49 años.				
	Somatosensorial	Visual	Vestibular	Conflicto visual
Media	96,13	92,06	71,37	103,88
Mediana	97,40	94,66	71,23	104,50
Desv típica	3,81	7,08	12,56	3,36
Máximo	100,00	99,31	85,42	108,19
Mínimo	87,50	76,04	51,74	97,92

f) Entre 50 y 59 años (N=10).

En la tabla 23 se recogen los estadísticos descriptivos para el grupo de edad de 50 a 59 años.

Tabla 23: Estadísticos descriptivos para el análisis sensorial del grupo de edad de 50 a 59 años.				
	Somatosensorial	Visual	Vestibular	Conflicto visual
Media	99,93	85,92	62,58	105,81
Mediana	97,92	88,42	64,07	104,34
Desv típica	9,70	14,64	11,17	12,26
Máximo	126,39	106,02	78,72	135,22
Mínimo	91,84	51,28	40,29	86,51

g) Entre 60 y 69 años (N=10).

En la tabla 24 se recogen los estadísticos descriptivos para el grupo de edad de 60 a 69 años.

Tabla 24: Estadísticos descriptivos para el análisis sensorial del grupo de edad de 60 a 69 años.				
	Somatosensorial	Visual	Vestibular	Conflicto visual
Media	95,16	90,42	61,23	110,08
Mediana	95,77	90,97	61,38	108,48
Desv típica	2,73	2,60	10,30	7,68
Máximo	98,97	93,33	74,82	124,87
Mínimo	90,43	86,25	40,00	102,31

h) Mayores o iguales a 70 años (N=10).

En la tabla 25 se recogen los estadísticos descriptivos para el grupo de edad de mayores o iguales a 70 años.

Tabla 25: Estadísticos descriptivos para el análisis sensorial para mayores o iguales a 70 años.				
	Somatosensorial	Visual	Vestibular	Conflicto visual
Media	99,13	84,81	73,08	103,88
Mediana	98,42	86,97	75,23	101,24
Desv típica	3,37	11,70	10,36	6,20
Máximo	107,14	94,62	87,23	113,04
Mínimo	94,79	53,13	52,78	96,47

A continuación, aplicando el test ANOVA encontramos **diferencias estadísticamente significativas entre los valores medios de la contribución vestibular entre los distintos grupos de edad** ($p=0,041$).

ANOVA						
		Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
SOMAT	Between Groups	99,354	6	16,559	1,614	,158
	Within Groups	635,988	62	10,258		
	Total	735,342	68			
VISUAL	Between Groups	645,911	6	107,652	1,489	,196
	Within Groups	4554,125	63	72,288		
	Total	5200,036	69			
VESTIBUL	Between Groups	1510,353	6	251,726	2,358	,041
	Within Groups	6725,654	63	106,756		
	Total	8236,007	69			
CONFLICTO	Between Groups	576,971	6	96,162	1,362	,244
	Within Groups	4447,953	63	70,602		
	Total	5024,924	69			

Tabla 26: Resultados del ANOVA para el análisis sensorial entre los distintos grupos de edad.

En la figura 57 vemos representado como la contribución vestibular va aumentando desde los menores de 20 años hasta alcanzar un máximo en el grupo de edad de 30-39 años, para ir disminuyendo progresivamente hasta el grupo de edad de los 60-69 años, momento a partir del cual vuelve a ascender.

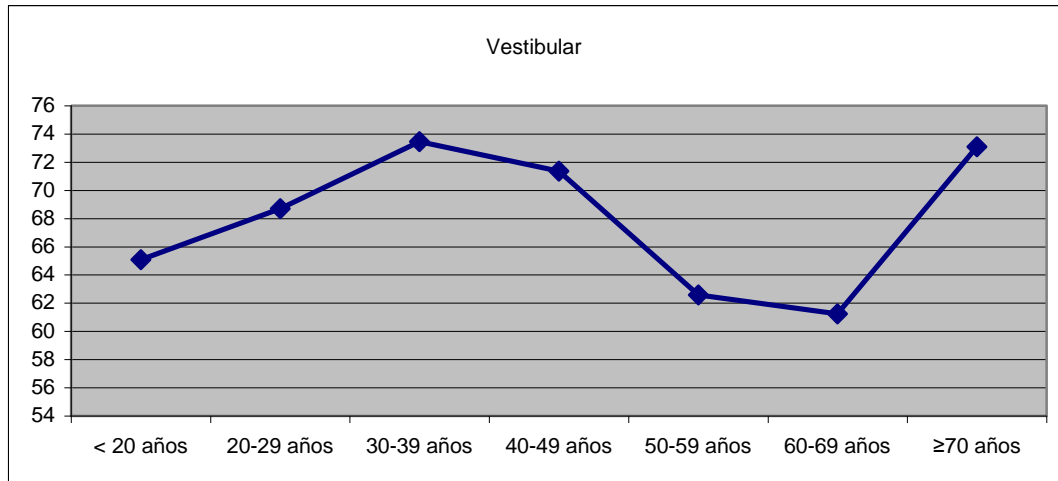


Figura 57: Representación gráfica de la media de la contribución vestibular al mantenimiento del equilibrio.

En la tabla 27 presentamos, a modo de resumen, las medias del análisis sensorial para distintos grupos de edad, remarcando en naranja (*) la contribución vestibular en la que hemos encontrado diferencias estadísticamente significativas.

Tabla 27: Resultado del análisis sensorial del SOT para los distintos grupos de edad.				
	Somatosensorial	Visual	Vestibular	Conflicto visual
<20 años	97,50	92,31	65,08*	103,74
20-29 años	96,16	88,01	68,71*	101,48
30-39 años	97,57	93,00	73,46*	100,77
40-49 años	96,13	92,06	71,37*	103,88
50-59 años	99,93	85,92	62,58*	105,81
60-69 años	95,16	90,42	61,23*	110,08
≥70 años	99,13	84,81	73,08*	103,88

En la figura 58, observamos el análisis sensorial para cada uno de los grupos de edad, a través de la representación de la media de la contribución de cada uno de los sistemas al equilibrio global, así como el conflicto visual.

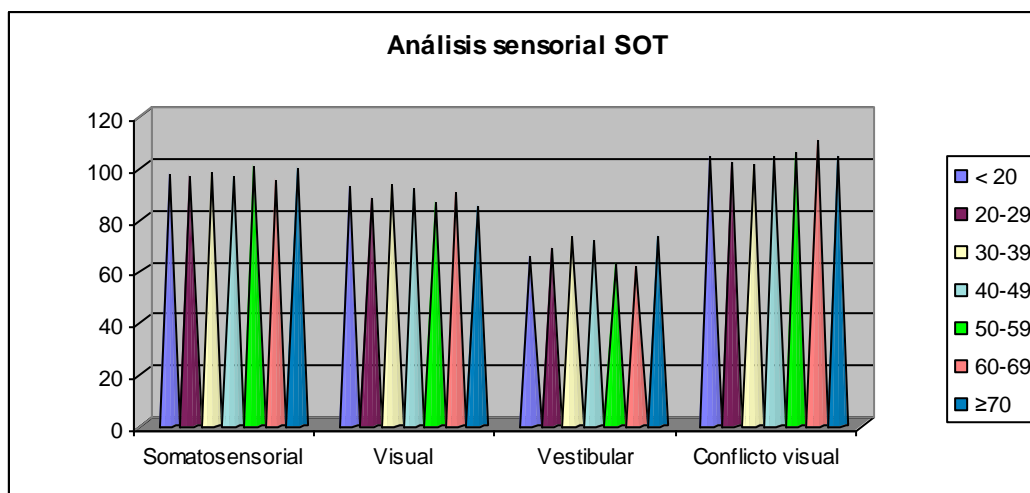


Figura 58: Representación gráfica de la media de la participación de cada uno de los sistemas al mantenimiento del equilibrio.

1.2.3 Análisis de estrategia.

El análisis de la estrategia nos informa, mediante porcentajes de estabilidad, sobre la cantidad relativa de movimientos de tobillo o de cadera que utiliza el paciente para mantener el equilibrio en las condiciones sensoriales analizadas. Se ha realizado un estudio descriptivo de los datos obtenidos en las distintas condiciones, estudiando la media, la mediana, la desviación típica, el máximo y el mínimo. En la tabla 28 se exponen los resultados para la población total y por sexos, varones y mujeres.

Como ocurre con la media del porcentaje de equilibrio en las distintas condiciones del test de organización sensorial, la media del porcentaje de estrategia de tobillo va disminuyendo al ir suprimiendo los estímulos sensoriales. De este modo, nos encontramos con el menor porcentaje de tobillo en la condición 5, tanto para la población total, como para ambos sexos. En lo que respecta al valor mínimo, también corresponde a la condición 5 en las tres poblaciones.

Tabla 28: Estadísticos descriptivos de la estrategia para la población total (V): varones, (M): mujeres.						
	ESTRAT 1	ESTRAT 2	ESTRAT 3	ESTRAT 4	ESTRAT 5	ESTRAT 6
Media	97,30	96,56	96,91	88,61	79,45	81,62
(V)	97,20	96,20	96,83	87,11	77,80	80,74
(M)	97,40	96,91	96,99	90,10	81,10	82,50
Mediana	98,00	98,00	97,67	89,67	80,83	82,33
(V)	98,00	97,00	97,33	88,33	78,67	80,33
(M)	98,00	98,00	97,67	90,67	82,33	85,33
Desv típica	2,31	4,08	1,69	5,01	7,88	7,35
(V)	2,36	5,30	1,83	5,52	8,16	6,20
(M)	2,29	2,34	1,57	3,99	7,33	8,34
Máximo	99,00	99,00	99,00	95,33	90,67	91,33
(V)	99,00	99,00	99,00	94,33	90,33	90,00
(M)	99,00	99,00	99,00	95,33	90,67	91,33
Mínimo	85,00	67,00	91,67	71,33	48,00	54,67
(V)	87,00	67,00	91,67	71,33	48,00	65,67
(M)	85,00	86,00	92,33	76,00	50,67	54,67

En la figura 59 representamos la media del porcentaje de estrategia de tobillo empleada en cada una de las condiciones, en cada grupo de edad. En ella vemos como la condición 5 presenta el menor porcentaje.

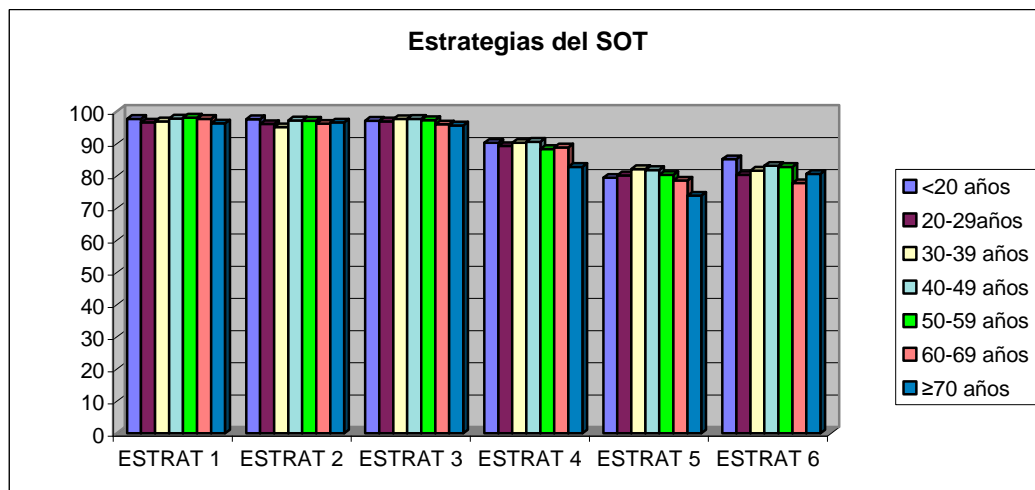


Figura 59: Representación gráfica de la media de la estrategia empleada en las distintas condiciones del SOT.

Al igual que en los apartados anteriores, contrastamos la normalidad de las variables con el test de Kolmogorov-Smirnov. En este caso, nos encontramos con una distribución asimétrica, sobre todo para la estrategia de las condiciones 1, 2 y 3.

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test		ESTRAT	ESTRAT	ESTRAT	ESTRAT	ESTRAT	ESTRAT
		1	2	3	4	5	6
N		70	70	70	70	70	70
Normal Parameters ^a	Mean	97,30	96,56	96,91	88,61	79,45	81,62
	Std. Deviation	2,312	4,081	1,691	5,013	7,877	7,351
Most Extreme Differences	Absolute	,348	,317	,187	,142	,103	,141
	Positive	,281	,276	,121	,090	,077	,093
	Negative	-,348	-,317	-,187	-,142	-,103	-,141
Kolmogorov-Smirnov Z		2,908	2,653	1,566	1,191	,863	1,181
Asymp. Sig. (2-tailed)		,000	,000	,015	,117	,445	,123
Tabla 29: Test de normalidad para las variables de la estrategia.							

En lo que respecta a las diferencias por sexo, aplicando el test t-Student, encontramos **diferencia significativa entre las medias de la estrategia empleada en la condición 4** ($p=0,012$). Observamos que las **mujeres** presentan un porcentaje más elevado, lo que supone un **mayor empleo de la estrategia de tobillo**. Estas diferencias se ponen de manifiesto en la figura 60.

Independent Samples Test									
	Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
	F	Sig.	T	Df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
								Lower	Upper
ESTRAT 4	2,342	,131	-2,598	68	,012	-2,990	1,151	-5,288	-,693
			-2,598	61,880	,012	-2,990	1,151	-5,292	-,689

Tabla 30: Resultados del test t-student para el análisis de la estrategia entre ambos sexos.

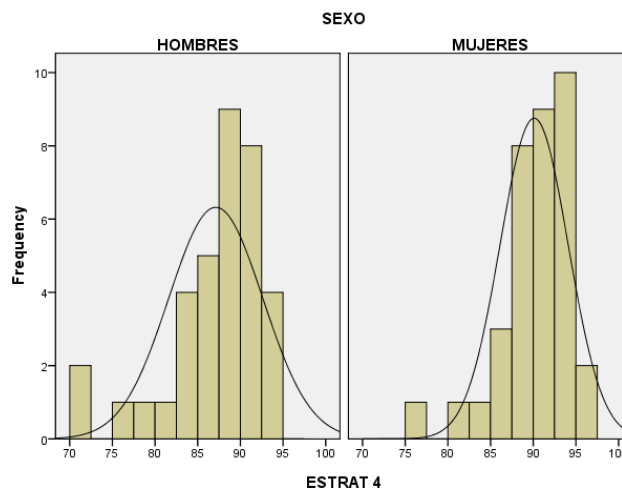


Figura 60: Gráfica de la distribución de las medias de la estrategia empleada en la condición 4 para ambos sexos.

Aplicando el test de ANOVA, también encontramos **diferencia significativa entre las medias de porcentaje de estrategia de tobillo empleada en la condición 3 ($p=0,027$) y 4 ($p=0,05$) entre los distintos grupos de edad**. A mayor edad, menor estrategia de tobillo; o lo que es lo mismo, a mayor edad, mayor empleo de la estrategia de cadera. Debemos recordar que la estrategia de la condición 3 no seguía una distribución normal.

ANOVA

		Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
ESTRAT 1	Between Groups	28,600	6	4,767	,883	,513
	Within Groups	340,100	63	5,398		
	Total	368,700	69			
ESTRAT 2	Between Groups	42,571	6	7,095	,404	,874
	Within Groups	1106,700	63	17,567		
	Total	1149,271	69			
ESTRAT 3	Between Groups	38,838	6	6,473	2,573	,027
	Within Groups	158,478	63	2,516		
	Total	197,316	69			
ESTRAT 4	Between Groups	435,305	6	72,551	3,520	,005
	Within Groups	1298,467	63	20,611		
	Total	1733,771	69			
ESTRAT 5	Between Groups	457,975	6	76,329	1,258	,290
	Within Groups	3823,144	63	60,685		
	Total	4281,119	69			
ESTRAT 6	Between Groups	337,927	6	56,321	1,046	,404
	Within Groups	3390,722	63	53,821		
	Total	3728,649	69			

Tabla 31: Resultados del ANOVA para el análisis sensorial entre los distintos grupos de edad.

En la tabla 32 presentamos, a modo de resumen, las medias de las estrategias empleadas en las condiciones del SOT en los distintos grupos de edad. Como podemos observar, el porcentaje va disminuyendo con el paso de los años, lo que significa que al ir aumentando la edad se emplea más estrategia de cadera. Remarcamos en naranja (*) las estrategias en las que hemos encontrado diferencias estadísticamente significativas entre los distintos grupos de edad.

Tabla 32: Comparación de las medias de las estrategias para los distintos grupos de edad.						
	ESTRAT 1	ESTRAT 2	ESTRAT 3	ESTRAT 4	ESTRAT 5	ESTRAT 6
<20 años	97,7	97,6	97,1*	90,2*	79,4	85,2
20-29 años	96,6	96,1	96,9*	89,3*	80,2	80,3
30-39 años	96,9	95,1	97,7*	90,2*	82,1	81,6
40-49 años	97,8	97,2	97,7*	90,6*	81,8	83,1
50-59 años	98,1	97,1	97,3*	88,3*	80,3	82,8
60-69 años	97,7	96,2	96,0*	88,8*	78,5	77,8
≥70 años	96,3	96,6	95,6*	82,8*	73,8	80,6

En la figura 61 mostramos como a medida que aumenta la edad, va disminuyendo el porcentaje de estrategia de tobillo empleada en las distintas condiciones, sobre todo en las condiciones 3 y 4, cuyas diferencias son estadísticamente significativas.

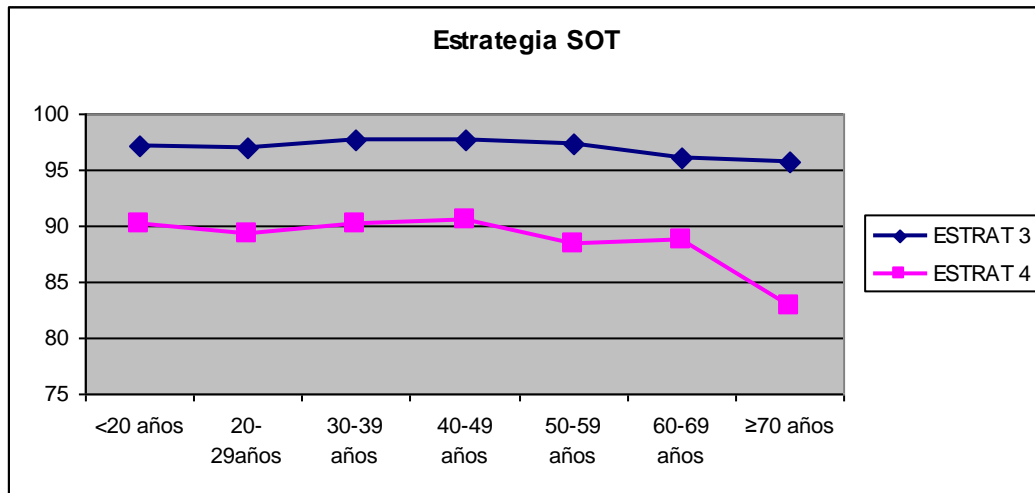


Figura 61: Representación gráfica de las estrategias de la condición 3 y 4.

1.2 Límites de estabilidad.

Éstos cuantifican la habilidad del paciente para desplazar el centro de gravedad a ocho posiciones del espacio diferentes, representadas en el posturógrafo.

En este apartado analizaremos el tiempo de reacción, la velocidad de movimiento, recorrido y control direccional. Hemos hecho un análisis descriptivo, para las variables población total, por grupos de edad y por sexo, pero presentamos los resultados de manera resumida.

- Tiempo de reacción (*reaction time*): tiempo que transcurre desde que la señal se mueve hasta el inicio del movimiento del paciente (segundos).

En la tabla 33 se exponen los resultados obtenidos para la población total. En el apartado de la media distinguimos entre varones y mujeres, ya que encontramos **diferencia significativa para el tiempo de reacción hacia la derecha** ($p=0,022$) y **el promedio** ($p=0,011$), siendo ambos mayores para las **mujeres**. Esto puede observarse en la figura 62.

Tabla 33: Estadísticos descriptivos del tiempo de reacción (TR) para la población total.					
	TR delante	TR atrás	TR derecha	TR izquierda	Promedio
Media	0,96	0,61	0,99	0,91	0,94
(V)	0,89	0,60	0,84*	0,81	0,81*
(M)	1,02	0,61	1,15*	1,01	1,07*
Mediana	0,88	0,58	0,87	0,85	0,85
Desviación típica	0,54	0,33	0,56	0,45	0,43
Máximo	2,88	1,48	3,58	2,48	2,57
Mínimo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20

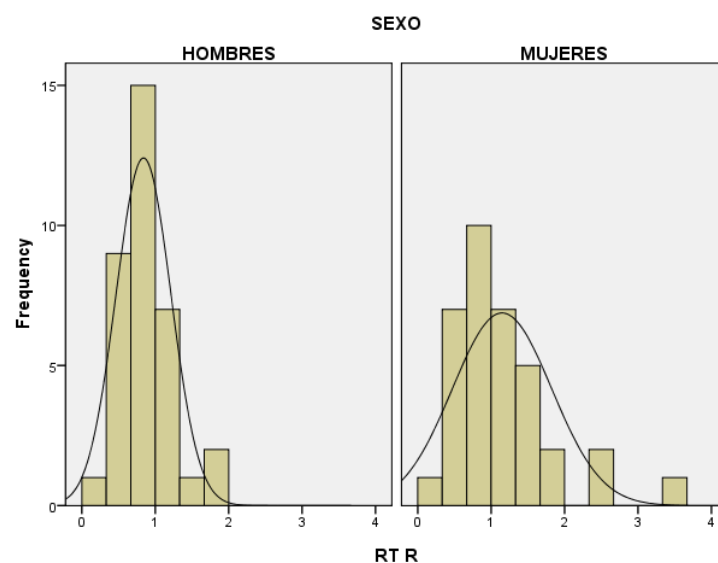


Figura 62: Representación de la distribución de las medias del tiempo de reacción hacia la derecha de varones y mujeres.

En la figura 63 observamos la distribución del promedio del tiempo de reacción en los distintos grupos de edad para la población total (verde), varones (azul) y mujeres (rosa).

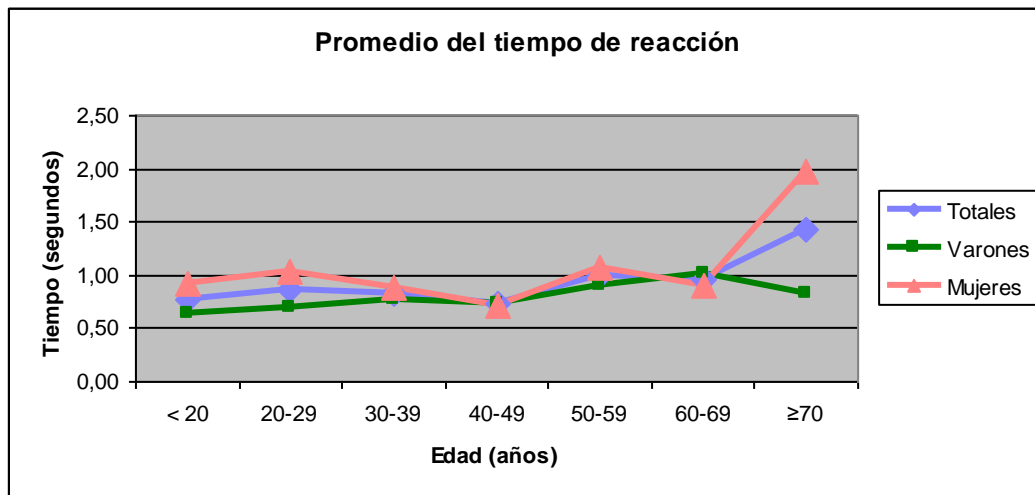


Figura 63: Representación gráfica del promedio de los tiempos de reacción para los distintos grupos de edad y sexo.

A continuación, en la tabla 34, presentamos un resumen para los distintos **grupos de edad**. Aplicado el test de ANOVA, encontramos **diferencia significativa entre las medias de los tiempos de reacción hacia la derecha** ($p=0,002$) y **el promedio** ($p=0,003$), lo que remarcamos en la tabla siguiente en naranja (*).

	TR delante	TR atrás	TR derecha	TR izquierda	Promedio
<20 años	0,9	0,6	0,8*	0,8	0,8*
20-29 años	0,9	0,7	0,9*	0,9	0,9*
30-39 años	0,9	0,6	0,8*	0,9	0,8*
40-49 años	0,8	0,5	0,8*	0,8	0,7*
50-59 años	1,0	0,8	1,0*	1,1	1,0*
60-69 años	1,1	0,6	1,0*	0,8	1,0*
≥70 años	1,2	0,5	1,7*	1,0	1,4*

En la figura 64, observamos como el promedio del tiempo de reacción asciende de forma más acusada a partir del grupo de edad de 40-49 años.

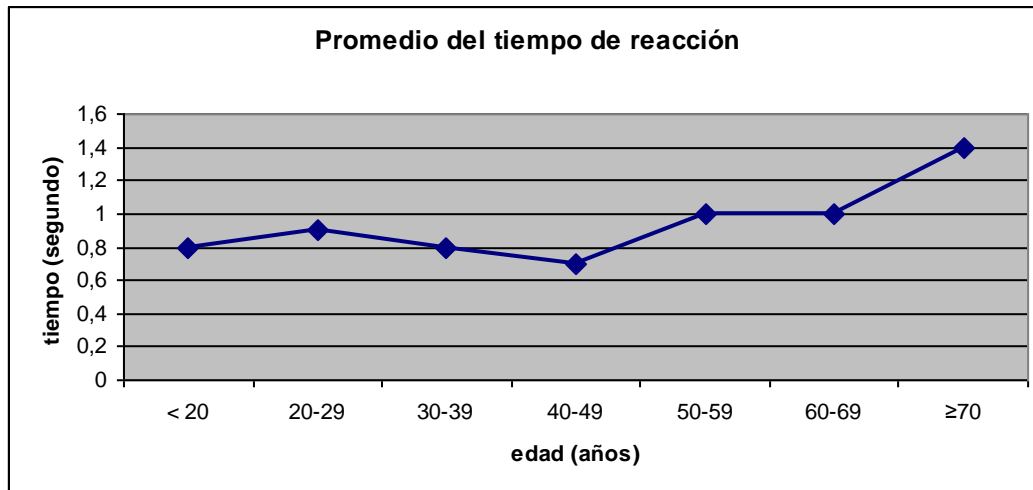


Figura 64: Representación gráfica del promedio del tiempo de reacción en los distintos grupos de edad.

- Velocidad del movimiento (*movement velocity*): velocidad media del movimiento del centro de gravedad (°/seg).

En la tabla 35 se exponen los resultados obtenidos para la población total. En el apartado de la media distinguimos entre varones y mujeres, ya que al aplicar el test t-Student encontramos **diferencia significativa para la velocidad de movimiento hacia atrás** ($p=0,001$) y **hacia la derecha** ($p=0,04$). Ambas velocidades son mayores para los **varones**, como podemos observar también en la figura 65.

Tabla 35: Estadísticos descriptivos de la velocidad de movimiento (VM) para la población total.					
	VM delante	VM atrás	VM derecha	VM izquierda	Promedio
Media	2,51	2,03	3,56	3,75	3,14
(V)	2,69	2,42*	3,92 *	3,82	3,31
(M)	2,32	1,63*	3,20*	3,67	2,96
Mediana	2,50	2,00	3,60	3,90	3,05
Desviación típica	0,96	1,04	1,50	1,87	1,08
Máximo	5,40	6,00	8,20	9,10	7,10
Mínimo	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00

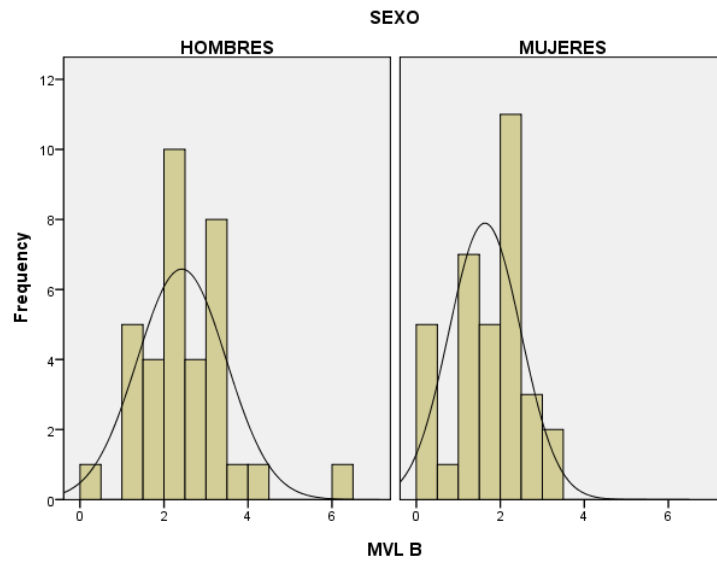


Figura 65: Representación de la distribución de las medias de la velocidad de movimiento hacia atrás en varones y mujeres.

En la figura 66 observamos la distribución del promedio de la velocidad de movimiento en los distintos grupos de edad para la población total (verde), varones (azul) y mujeres (rosa).

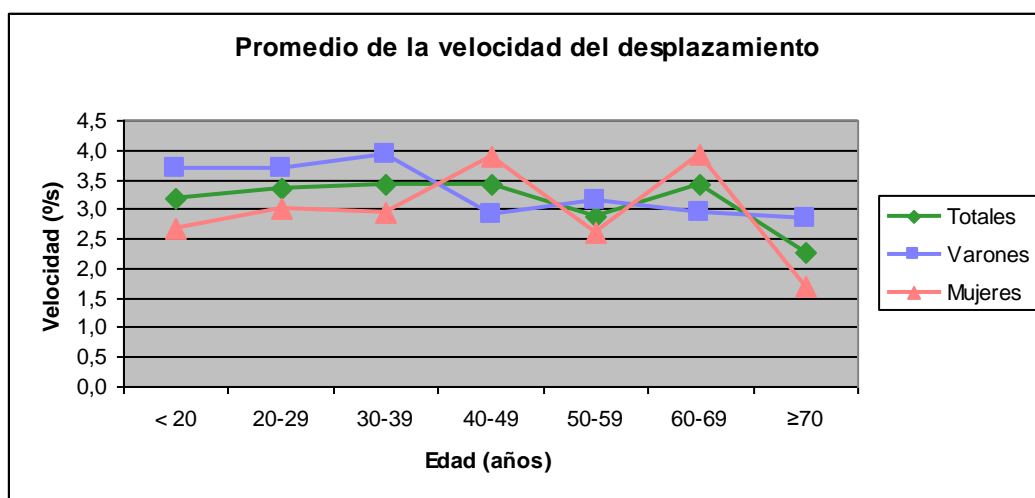


Figura 66: Representación gráfica del promedio de la velocidad del desplazamiento para los distintos grupos de edad y sexo.

Al analizar los resultados por **grupos de edad**, también encontramos **diferencia significativa entre las medias de la velocidad de movimiento hacia atrás** ($p=0.012$), que va disminuyendo desde las primeras décadas, haciéndose más acusadas a partir de los 60 años.

Tabla 36: Comparación de las medias de la velocidad de movimiento para los distintos grupos de edad.

	VM delante	VM atrás	VM derecha	VM izquierda	Promedio
<20 años	2,7	2,0*	4,1	3,9	3,2
20-29años	2,8	2,6*	3,8	4,2	3,4
30-39 años	2,8	2,6*	3,6	4,1	3,4
40-49 años	2,8	2,1*	3,6	4,6	3,4
50-59 años	2,4	2,3*	3,4	3,5	2,9
60-69 años	2,1	1,5*	4,1	3,3	3,4
≥70 años	2,0	1,8*	2,4	2,6	2,3

- Recorrido (*endpoint and maximum excursion*): distancia recorrida por el centro de gravedad en el primer intento de alcanzar el objetivo y la distancia más lejana a la que llegó el centro de gravedad durante la prueba.

En la tabla 37 se exponen los resultados obtenidos para la población total. No hacemos distinción por sexo, ya que no encontramos diferencias estadísticamente significativas.

Tabla 37: Estadísticos descriptivos para el recorrido para la población total.					
	Rec delante	Rec atrás	Rec derecha	Rec izquierda	Promedio
Media	60,84	52,79	73,01	73,00	67,76
Mediana	60,50	57,50	76,00	78,50	69,00
Desviación típica	16,16	21,48	15,13	23,15	8,31
Máximo	102,00	96,00	98,00	101,00	83,00
Mínimo	0,00	0,00	0,00	0,00	49,00

En la figura 67 observamos la distribución del promedio del recorrido en los distintos grupos de edad para la población total (verde), varones (azul) y mujeres (rosa).

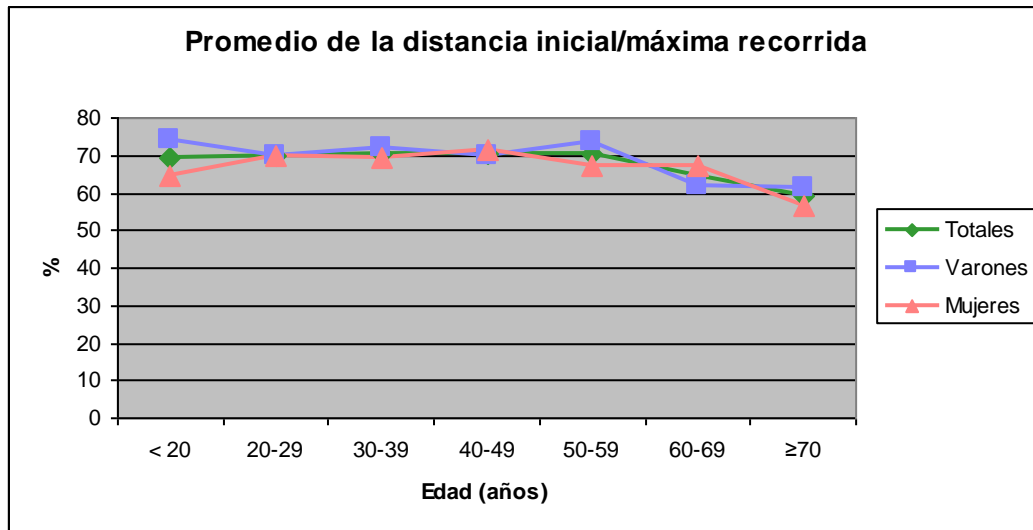


Figura 67: Representación gráfica del promedio del recorrido para los distintos grupos de edad y sexo.

En lo que respecta al recorrido, tabla 38, encontramos **diferencia significativa para la media del recorrido hacia atrás** ($p=0,00$), **hacia la derecha** ($p=0,039$) y **hacia la izquierda** ($p=0,027$), así como para el **promedio** ($p=0,06$); estas medidas se mantienen más o menos estables hasta el grupo de edad de 50-59 años, punto a partir de lo cual el recorrido disminuye significativamente.

Tabla 38: Comparación de las medias del recorrido para los distintos grupos de edad.

	Rec delante	Rec atrás	Rec derecha	Rec izquierda	Media
<20 años	68,0	55,0*	77,0*	77,7*	69,3*
20-29años	60,7	60,8*	75,2*	84,2*	69,8*
30-39 años	64,2	61,2*	66,3*	74,7*	70,5*
40-49 años	64,5	58,6*	77,8*	81,6*	70,6*
50-59 años	58,1	63,3*	82,9*	77,3*	70,4*
60-69 años	52,8	42,7*	67,7*	61,1*	64,7*
≥70 años	57,6	27,9*	64,2*	54,4*	59,0*

- Control direccional (*directional control*): es la comparación entre la cantidad de movimiento en la dirección del objeto y la cantidad de movimiento que se aleja del objeto.

En la tabla 39 se exponen los resultados obtenidos para la población total. No hacemos distinción por sexo, ya que no encontramos diferencias significativas.

Tabla 39: Estadísticos descriptivos del control direccional (CD) para la población total.					
	CD delante	CD atrás	CD derecha	CD izquierda	Promedio
Media	73,04	58,79	82,11	77,20	76,11
Mediana	76,00	65,50	86,00	85,00	79,00
Desviación típica	15,65	24,53	14,27	23,86	8,71
Máximo	93,00	90,00	99,00	99,00	90,00
Mínimo	0,00	0,00	0,00	0,00	53,00

En la figura 68 observamos la distribución del promedio del control direccional de los distintos grupos de edad para la población total (verde), varones (azul) y mujeres (rosa).

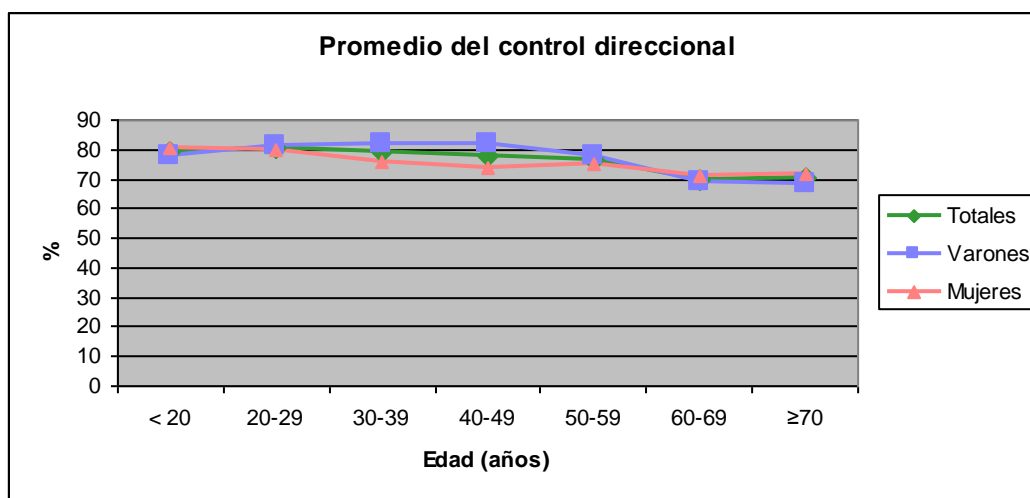


Figura 68: Representación gráfica del promedio del control direccional para los distintos grupos de edad y sexo.

A diferencia de los apartados anteriores, el control direccional sigue una distribución bastante asimétrica.

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		DCL F	DCL B	DCL R	DCL L	DCL COMP
N		70	70	70	70	70
Normal Parameters ^a	Mean	73,04	58,79	82,11	77,20	76,11
	Std. Deviation	15,645	24,530	14,269	23,864	8,707
Most Extreme	Absolute	,142	,166	,189	,282	,158
Differences	Positive	,112	,103	,180	,201	,063
	Negative	-,142	-,166	-,189	-,282	-,158
Kolmogorov-Smirnov Z		1,186	1,385	1,578	2,362	1,325
Asymp. Sig. (2-tailed)		,120	,043	,014	,000	,060

Tabla 40: Test de normalidad para el control direccional.

Si analizamos los resultados por **grupos de edad** también parece existir **diferencia significativa entre las medias del control direccional hacia atrás** ($p=0,00$), **hacia la derecha** ($p=0,039$) y **hacia la izquierda** ($p=0,043$), así como para el **promedio** ($p=0,016$); estas medidas se mantienen más o menos estables hasta el grupo de edad de 50-59 años, punto a partir del cual el control direccional disminuye significativamente, como podemos ver numéricamente en la tabla 41 y gráficamente en la figura 69.

Tabla 41: Comparación de las medias del control direccional para los distintos grupos de edad.

	CD delante	CD atrás	CD derecha	CD izquierda	Promedio
<20 años	80,6	63,8*	86,8*	86,5*	78,9*
20-29 años	75,4	71,4*	87,1*	85,6*	80,4*
30-39 años	74,0	72,0*	79,8*	73,8*	79,1*
40-49 años	76,3	63,0*	87,8*	84,6*	77,8*
50-59 años	69,2	66,9*	86,6*	84,8*	76,5*
60-69 años	65,1	44,8*	74,0*	63,6*	69,9*
≥70 años	70,7	29,6*	72,7*	61,5*	70,2*

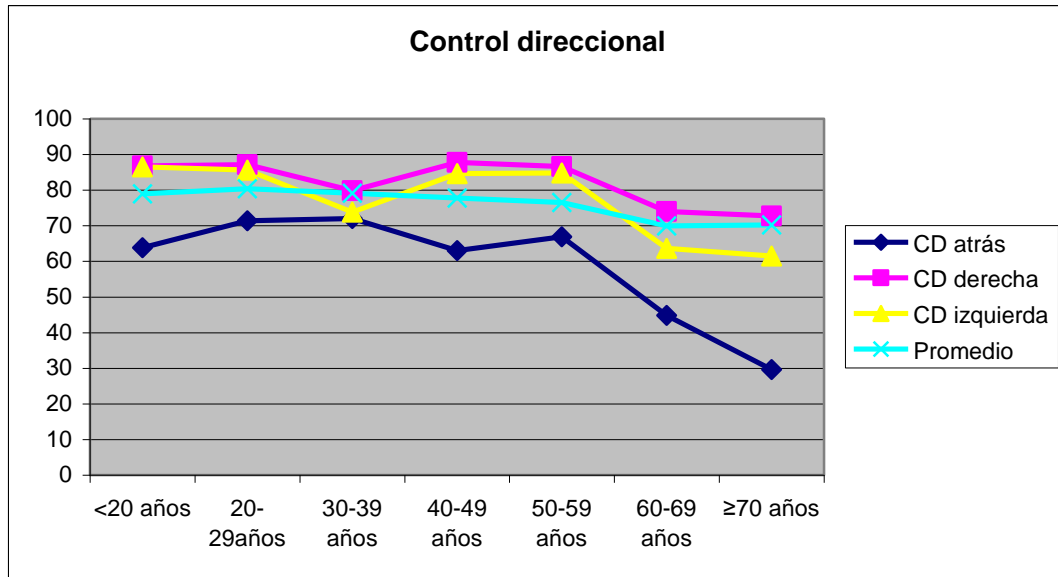


Figura 69: Representación gráfica del control direccional hacia atrás, derecha, izquierda y promedio.

2. Resultados del sistema Sway Star.

En primer lugar, describiremos las medidas de localización y dispersión de los parámetros analizados en el *resumen del control del balance (BCS)* de nuestro protocolo de estudio postural del sistema Sway Star (media, mediana, desviación típica, máximo y mínimo). Estudiaremos también la existencia de influencia estadística del sexo y la edad en cada uno de los parámetros. Seguidamente expondremos los patrones poblacionales de normalidad del *resumen del control del balance (BCS)*.

2.1 Pruebas estáticas/postura.

Como mencionamos con anterioridad, las pruebas estáticas son aquellas en las que el paciente permanece en posición de Romberg y se le van modificando las aferencias sensoriales. La duración de estas pruebas viene predeterminada por el sistema y es de 20 segundos (al igual que las distintas condiciones del test de organización sensorial), por lo que no será necesario hacer un análisis del tiempo de realización de las mismas.

Este apartado consta de cinco pruebas; cabe destacar que el valor asignado a las cuatro primeras pruebas (“posición estática de pie, ojos cerrados, superficie de apoyo de espuma” (s2ecf), “posición estática de pie, ojos cerrados, superficie normal” (s2ec), “posición estática de pie, ojos abiertos, superficie de apoyo de espuma” (s2eof) y “posición estática de pie, ojos abiertos, superficie normal” (s2eo)), se corresponde con la velocidad angular del balanceo (°/seg). Por otra parte, la última prueba (“posición estático de pie, sobre una pierna, ojos abiertos, superficie normal “(s1eo)) corresponde al ángulo de inclinación (°).

En la tabla 41 se exponen los estadísticos descriptivos para la población total. No se hacen diferencias por sexo, ya que a pesar de tratarse de una muestra asimétrica, no existen diferencias significativas entre varones y mujeres.

Tabla 41: Estadísticos descriptivos para las pruebas estáticas del Sway Star de la población total.					
	S2ecf	s2ec	s2eof	s2eo	s1eo
Media	12,82	4,63	8,60	4,24	4,02
Mediana	10,61	3,59	6,53	3,38	2,77
Desv. Típica	9,16	5,07	6,85	2,78	3,81
Máximo	58,75	41,98	40,33	13,96	24,21
Mínimo	2,61	1,47	2,61	1,43	0,31

En la tabla 42 mostramos los resultados del análisis descriptivo para los distintos grupos de edad.

Tabla 42: Estadísticos descriptivos para las pruebas estáticas del Sway Star.					
	s2ecf	s2ec	s2eof	s2eo	s1eo
Menores de 20 años					
Media	14,01	4,72	10,58	4,91	2,36
Mediana	13,62	3,88	7,52	4,17	2,12
Desviación típica	6,70	3,47	7,17	2,79	0,93
Máximo	30,84	13,93	25,63	12,00	4,46
Mínimo	6,35	2,05	3,49	2,36	1,50
20-29 años					
Media	8,02	4,32	6,34	3,75	2,65
Mediana	7,73	2,99	6,07	3,86	2,15
Desviación típica	2,21	3,28	2,12	1,71	1,99
Máximo	11,35	13,22	9,71	7,43	8,11
Mínimo	3,80	2,27	3,80	1,52	1,30
30-39 años					
Media	8,14	3,35	9,48	3,54	2,54
Mediana	7,51	3,53	5,30	2,70	2,01
Desviación típica	4,26	0,82	11,32	1,68	2,15
Máximo	17,72	4,31	40,33	6,82	8,07
Mínimo	2,61	2,11	2,61	1,90	0,31
40-49 años					
Media	8,50	3,79	10,44	3,79	3,64
Mediana	7,08	3,06	6,41	3,32	2,94
Desviación típica	5,41	2,39	8,06	1,93	2,53
Máximo	21,84	9,18	25,00	7,42	8,91
Mínimo	3,09	1,56	3,74	1,43	1,11
50-59 años					
Media	13,69	3,53	9,19	3,82	5,17
Mediana	12,12	3,47	6,18	2,83	3,50
Desviación típica	6,24	1,21	8,85	3,61	4,36
Máximo	26,76	6,33	33,67	13,96	12,12

Mínimo	5,27	1,47	2,67	1,84	1,34
60-69 años					
Media	16,49	7,56	6,11	3,97	4,34
Mediana	10,85	3,56	6,21	2,58	4,88
Desviación típica	15,32	12,14	2,15	2,91	3,28
Máximo	58,75	41,98	9,94	10,29	11,28
Mínimo	6,74	2,44	2,85	1,74	0,65
≥ 70 años					
Media	20,93	5,12	8,08	5,93	7,47
Mediana	20,07	4,37	7,63	4,11	5,40
Desviación típica	10,59	2,29	2,27	3,95	6,59
Máximo	44,16	9,06	11,29	12,82	24,21
Mínimo	8,27	2,12	4,67	2,38	1,37

Aplicando el test de ANOVA encontramos diferencia significativa para las pruebas, **“estático de pies, sobre las dos piernas con los ojos cerrados sobre una superficie de espuma” (s2ecf)**, con un significación de 0,005 y **“estático de pie sobre una pierna con los ojos abiertos superficie normal” (s1eo)**, con una significación de 0,023.

ANOVA

		Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
s2ecf	Between Groups	1449,291	6	241,549	3,502	,005
	Within Groups	4345,254	63	68,972		
	Total	5794,546	69			
s1eo	Between Groups	203,118	6	33,853	2,662	,023
	Within Groups	801,121	63	12,716		
	Total	1004,240	69			

Tabla 43: Resultados del ANOVA para pruebas estáticas para los distintos grupos de edad.

En la tabla 44 mostramos, a modo de resumen, los valores medios de las pruebas estáticas para los distintos grupos de edad, remarcando en naranja (*), aquéllas en las que las diferencias son significativas. Podemos observar como a medida que incrementa la edad, aumenta la velocidad angular del balanceo en la prueba “estático sobre las dos piernas con los ojos cerrados sobre una superficie

de espuma” (s2ecf), así como el ángulo de inclinación para la prueba “estático sobre una pierna con los ojos abiertos” (s1eo).

Tabla 44: Medias de las pruebas estáticas del Sway Star para los grupos de edad.					
	s2ecf	s2ec	s2eof	s2eo	s1eo
<20 años	14,01*	4,72	10,58	4,91	2,36*
20-29años	8,02*	4,32	6,34	3,75	2,65*
30-39 años	8,14*	3,35	9,48	3,54	2,54*
40-49 años	8,50*	3,79	10,44	3,79	3,64*
50-59 años	13,69*	3,53	9,19	3,82	5,17*
60-69 años	16,49*	7,56	6,11	3,97	4,34*
≥70 años	20,93*	5,12	8,08	5,93	7,47*

Estas diferencias se hacen más pronunciadas a partir del grupo de edad de 40-49 años, como se pone de manifiesto en la figura 70.

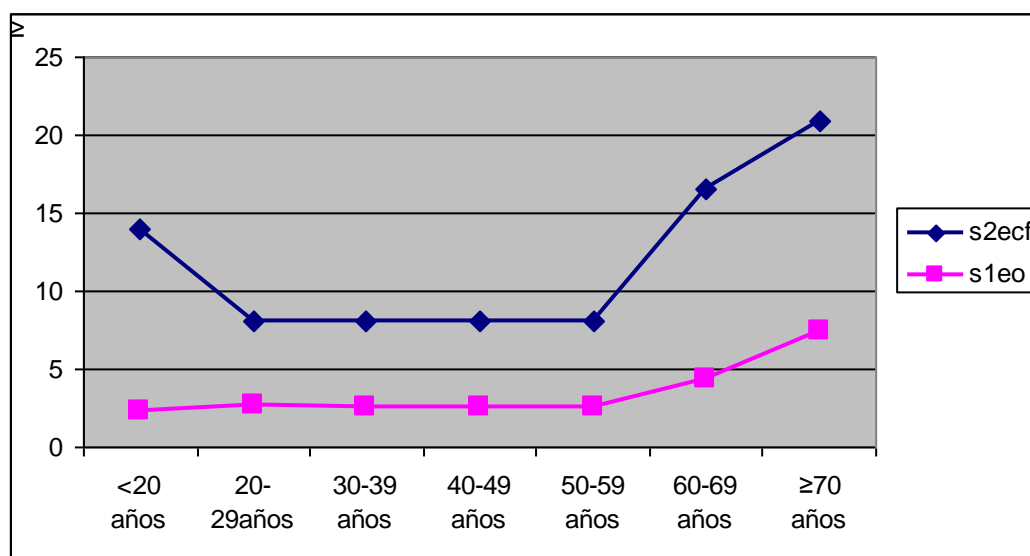


Figura 70: Representación gráfica de la distribución de las medias de las pruebas: estático de pie sobre dos piernas ojos cerrados superficie de espuma (s2ecf) y estático de pie sobre una pierna ojos abiertos y superficie normal (s1eo).

2.2 Pruebas de la marcha/paso.

A diferencia de las pruebas estáticas, en éstas debemos tener en cuenta el tiempo de realización de la prueba, ya que no viene determinado como en los protocolos anteriores, sino que se trata del tiempo que el paciente invierte en la

realización completa de la misma. Por ello además del análisis descriptivo de la velocidad angular del balanceo (°/seg) en los dos primeros apartados (w3mec: “caminar 3 metros con los ojos cerrados” y w3mph: “caminar 3 metros moviendo simultáneamente la cabeza, hacia arriba y hacia abajo”) y ángulo de inclinación (°) en los tres restantes (w8tan: “caminar 8 pasos en tándem, con los ojos abiertos, en una superficie normal”, Barriers: “caminar por encima de cuatro barreras” y Stairs: “subir y bajar una escalera de dos escalones de subida y dos de bajada”), se realiza un análisis del tiempo empleado en cada una de las pruebas, resultado que se muestra. (Se muestra entre paréntesis).

En la siguiente tabla se presentan los resultados para la población total, sin hacer diferencias entre sexos, ya que no se han encontrado diferencias estadísticamente significativas entre hombres y mujeres.

Tabla 45: Estadísticos descriptivos para las pruebas de la marcha del Sway Star para la población total.					
	w3mec	w3mph	w8tan	Barriers	Stairs
Media	63,77 (5,10)	66,21 (6,02)	8,64 (10,68)	23,11 (7,41)	15,82 (5,04)
Mediana	55,95 (4,82)	61,26 (5,49)	7,49 (10,27)	21,40 (6,95)	14,70 (4,32)
Desv. Típica	28,24 (1,70)	26,05 (2,15)	5,70 (3,36)	7,86 (2,67)	6,10 (2,64)
Máximo	167,77 (10,79)	156,87 (15,00)	44,73 (23,87)	44,94 (20,00)	42,41 (18,21)
Mínimo	32,03 (2,31)	24,11 (3,29)	0,31 (5,50)	9,65 (3,39)	0,42 (1,77)

En la tabla 46 mostramos los resultados del análisis descriptivo para los distintos grupos de edad.

Tabla 46: Estadísticos descriptivos para las pruebas de la marcha del Sway Star.					
	w3mec	w3mph	w8tan	Barriers	Stairs
Menores de 20 años					
Media	80,63 (4,89)	79,99 (6,18)	6,82 (11,06)	18,10 (7,37)	15,31 (4,44)
Mediana	71,63	61,66	6,57	17,55	15,09

	(4,89)	(5,59)	(10,94)	(7,30)	(4,40)
Desviación típica	34,76 (1,07)	33,93 (1,43)	2,28 (1,08)	4,72 (1,23)	3,07 (0,72)
Máximo	167,77 (6,85)	156,87 (8,71)	12,35 (12,59)	26,54 (8,81)	20,76 (5,45)
Mínimo	50,14 (3,14)	50,25 (4,44)	4,80 (9,66)	9,65 (5,03)	10,02 (3,54)
20-29 años					
Media	55,16 (5,19)	55,76 (5,38)	7,63 (10,05)	22,66 (6,77)	15,40 (4,58)
Mediana	50,44 (4,61)	56,74 (5,34)	7,17 (9,98)	23,46 (6,56)	16,27 (4,09)
Desviación típica	18,20 (1,64)	13,33 (1,08)	3,16 (2,46)	4,97 (1,35)	3,69 (1,85)
Máximo	84,42 (8,38)	71,14 (6,94)	15,88 (15,35)	28,95 (10,04)	20,94 (9,73)
Mínimo	33,15 (3,39)	36,10 (4,01)	4,21 (6,63)	15,24 (4,90)	10,87 (3,35)
30-39 años					
Media	70,27 (5,66)	69,73 (5,85)	6,25 (11,86)	27,23 (7,28)	15,86 (4,21)
Mediana	76,24 (5,76)	59,58 (5,22)	6,01 (12,03)	24,47 (6,88)	15,60 (4,15)
Desviación típica	29,73 (2,47)	27,05 (1,58)	2,59 (3,69)	11,03 (1,86)	3,28 (1,10)
Máximo	130,43 (10,15)	113,91 (8,74)	9,82 (20,00)	43,36 (9,69)	22,65 (6,19)
Mínimo	32,69 (2,31)	40,06 (4,03)	0,31 (6,87)	12,15 (5,11)	11,69 (2,79)
40-49 años					
Media	71,24 (4,72)	73,29 (5,88)	7,74 (9,10)	19,71 (7,04)	13,98 (4,25)
Mediana	58,62 (4,28)	77,50 (5,17)	7,59 (9,23)	20,09 (7,31)	13,67 (3,89)
Desviación típica	31,35 (1,33)	25,78 (1,61)	3,07 (2,16)	5,39 (1,55)	2,53 (1,05)
Máximo	135,43 (7,20)	108,45 (9,20)	12,08 (11,91)	30,03 (8,61)	17,47 (5,74)
Mínimo	40,41 (3,34)	41,18 (3,86)	3,88 (5,50)	11,36 (3,39)	9,29 (2,91)
50-59 años					
Media	48,71 (4,81)	54,61 (5,81)	8,32 (9,68)	21,60 (6,51)	13,97 (4,32)
Mediana	47,29 (4,61)	46,41 (5,61)	7,78 (9,50)	21,20 (6,47)	13,82 (4,50)
Desviación típica	12,02 (1,37)	24,86 (1,95)	2,23 (2,24)	5,79 (1,30)	2,61 (0,76)
Máximo	71,15 (7,53)	105,08 (9,54)	11,35 (14,79)	29,45 (8,79)	17,53 (5,25)
Mínimo	32,68 (3,34)	24,11 (3,29)	4,75 (7,05)	12,28 (4,51)	9,33 (2,85)
60-69 años					
Media	63,07 (4,12)	61,56 (5,45)	10,01 (10,47)	22,71 (7,38)	21,51 (4,90)
Mediana	48,62 (4,23)	58,54 (5,55)	7,93 (9,58)	22,16 (7,42)	15,87 (4,39)
Desviación típica	35,51 (1,14)	25,99 (0,86)	5,68 (4,12)	6,20 (1,09)	11,58 (1,31)

Máximo	150,40 (5,81)	119,24 (6,91)	22,60 (20,55)	33,08 (9,35)	42,41 (7,43)
Mínimo	32,03 (2,45)	33,75 (3,79)	4,85 (6,40)	16,02 (5,33)	11,24 (3,15)
≥ 70 años					
Media	57,29 (6,34)	68,56 (7,59)	13,74 (12,56)	29,71 (9,54)	14,67 (8,61)
Mediana	45,36 (5,93)	73,53 (6,57)	9,93 (10,62)	29,79 (6,96)	13,18 (6,40)
Desviación típica	22,34 (1,99)	24,53 (4,34)	11,73 (5,40)	9,52 (5,95)	7,67 (5,30)
Máximo	92,87 (10,79)	106,27 (15,00)	44,73 (23,87)	44,94 (20,00)	26,40 (18,21)
Mínimo	36,76 (4,07)	32,25 (3,72)	4,89 (6,59)	17,86 (4,44)	0,42 (1,77)

Aplicando el test de ANOVA para los distintos **grupos de edad**, encontramos **diferencia significativa para las medias de la prueba de “caminar sobre las barreras” (barriers)** ($p=0,008$).

La figura 71 nos muestra la distribución de la media del ángulo de inclinación de la prueba de las barreras para los distintos grupos de edad.

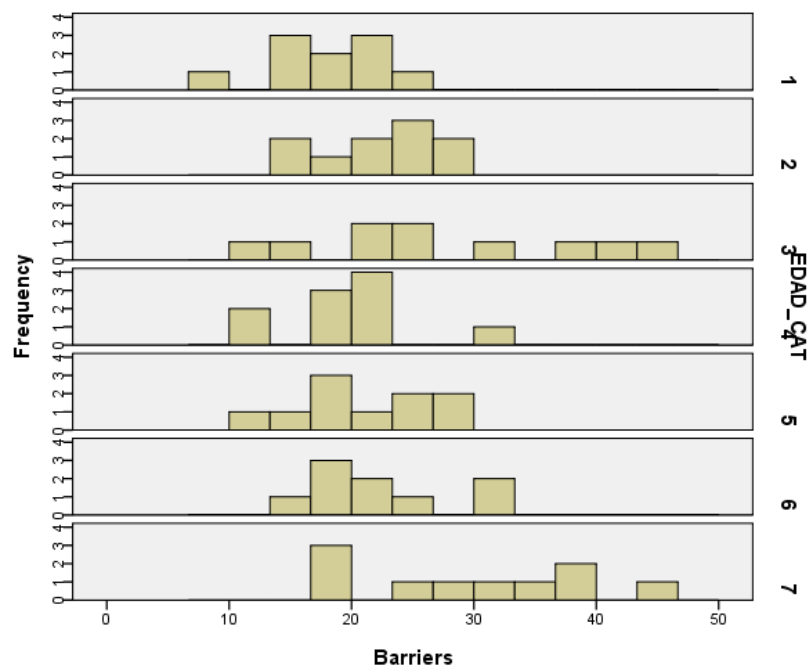


Figura 71: Distribución de la media del ángulo de inclinación de la prueba de las barreras para los distintos grupos de edad. 1: menores de 20 años, 2: 20-29 años, 3: 30-39 años, 4: 40-49 años, 5: 50-59 años, 6: 60-69 años, 7: mayores o iguales a 70 años.

En la tabla 47, mostramos, a modo de resumen, los valores medios de las pruebas de la marcha para los distintos grupos de edad, remarcando en naranja (*), aquéllos en los que las diferencias son estadísticamente significativas. En este caso, no vemos un incremento asociado a la edad, sino que en la prueba de las barreras nos encontramos con un pico en el grupo de edad de 30-39 años y otro en los mayores o iguales a 70 años.

Tabla 47: Medias para las pruebas de la marcha del Sway Star.					
	w3mec	w3mph	w8tan	Barriers	Stairs
<20 años	80,63 (4,89)	79,99 (6,18)	6,82 (11,06)	18,10* (7,37)	15,31 (4,44)
20-29años	55,16 (5,19)	55,76 (5,38)	7,63 (10,05)	22,66* (6,77)	15,40 (4,58)
30-39 años	70,27 (5,66)	69,73 (5,85)	6,25 (11,86)	27,23* (7,28)	15,86 (4,21)
40-49 años	71,24 (4,72)	73,29 (5,88)	7,74 (9,10)	19,71* (7,04)	13,98 (4,25)
50-59 años	48,71 (4,81)	54,61 (5,81)	8,32 (9,68)	21,60* (6,51)	13,97 (4,32)
60-69 años	63,07 (4,12)	61,56 (5,45)	10,01 (10,47)	22,71* (7,38)	21,51 (4,90)
≥70 años	57,29 (6,34)	68,56 (7,59)	13,74 (12,56)	29,71* (9,54)	14,67 (8,61)

2.3 Análisis sensorial.

En lo que respecta al análisis sensorial, nos informa de la contribución relativa de cada uno de los sistemas, visual, somatosensorial y vestibular, al mantenimiento del equilibrio.

En la tabla 48 se exponen los estadísticos descriptivos para la población total. No se hacen diferencias por sexo, ya que no existen diferencias significativas entre varones y mujeres. Los valores que manejamos son

porcentajes, no valores absolutos. Como podemos observar en la tabla 48, el sistema vestibular sería el órgano sensorial que mayor contribución aportaría al mantenimiento del equilibrio global.

Tabla 48: Estadísticos descriptivos del análisis sensorial para la población total.			
	Visual	Somatosensorial	Vestibular y otros
Media	13,61	39,64	46,75
Mediana	15,19	40,09	47,43
Desv. Típica	23,57	21,50	30,10
Máximo	68,92	75,76	108,63
Mínimo	-47,78	-41,79	-34,91

En la figura 72 vemos la representación gráfica de la contribución sensorial de cada uno de los sistemas al mantenimiento global del equilibrio. Al igual que en la tabla 48, observamos la importancia de la contribución del sistema vestibular.

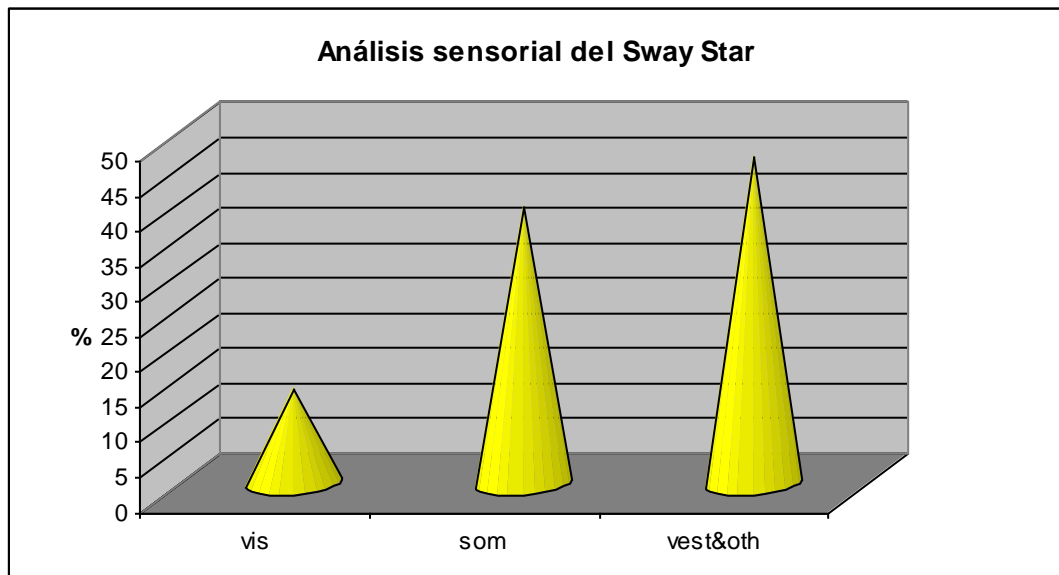


Figura 72: Representación gráfica de la contribución sensorial para la población total. Vis: contribución del sistema visual. Som: contribución del sistema somatosensorial. Vest&oth: contribución del sistema vestibular y otros posibles contribuciones.

Aplicando el test de ANOVA encontramos **diferencias estadísticamente significativas para la contribución visual** ($p=0,001$) y **vestibular** ($p=0,004$) entre los distintos **grupos de edad**.

ANOVA						
		Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Vis	Between Groups	11352,892	6	1892,149	4,416	,001
	Within Groups	26992,607	63	428,454		
	Total	38345,499	69			
Som	Between Groups	2731,970	6	455,328	,984	,444
	Within Groups	29163,557	63	462,914		
	Total	31895,527	69			
Vest&oth	Between Groups	15831,143	6	2638,524	3,560	,004
	Within Groups	46698,369	63	741,244		
	Total	62529,512	69			

Tabla 49: Resultados del ANOVA para el análisis sensorial para los distintos grupos de edad.

En la figura 73 vemos como se modifican las distintas contribuciones sensoriales en los distintos grupos de edad.

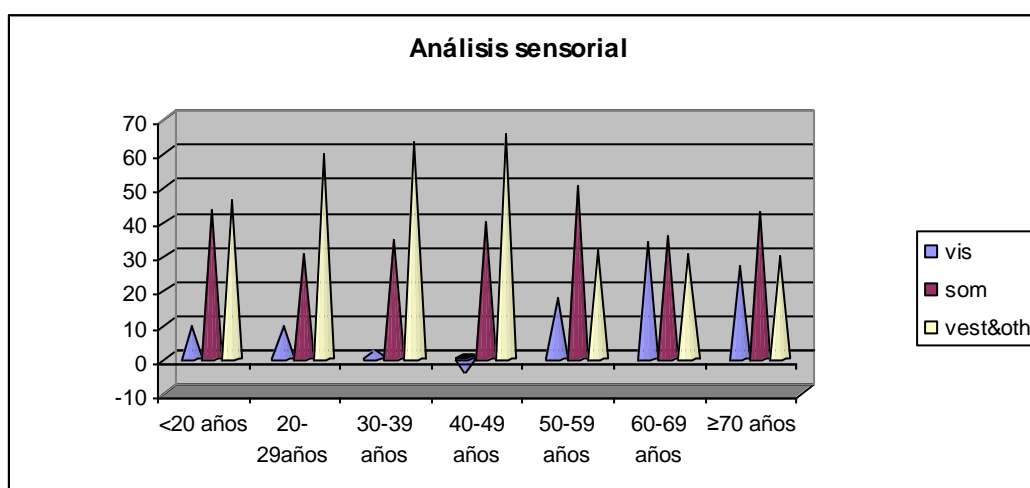


Figura 73: Representación gráfica de las medias de la contribución sensorial al mantenimiento del equilibrio global en los distintos grupos de edad.

En la tabla 50 mostramos los resultados del análisis descriptivo para los distintos grupos de edad respecto al análisis sensorial.

Tabla 50: Estadísticos descriptivos del análisis sensorial del Sway Star.			
	visual	somatosensorial	vestibular y otros
Menores de 20 años			
Media	9,88	43,64	46,48
Mediana	13,00	41,10	48,56
Desv. Típica	13,98	11,63	11,12
Máximo	29,70	66,64	60,04
Mínimo	-20,88	28,37	19,75
20-29 años			
Media	9,76	30,40	59,84
Mediana	7,01	38,75	53,59
Desv. Típica	15,93	21,90	27,16
Máximo	29,84	54,16	108,63
Mínimo	-13,81	-12,76	18,90
30-39 años			
Media	1,89	34,66	63,45
Mediana	2,59	30,46	59,45
Desv. Típica	23,84	23,64	24,39
Máximo	42,67	71,66	101,57
Mínimo	-47,78	0,00	26,29
40-49 años			
Media	-5,19	39,64	65,55
Mediana	-6,08	41,56	63,75
Desv. Típica	21,91	20,36	25,78
Máximo	24,23	67,93	105,43
Mínimo	-45,55	9,48	22,95
50-59 años			
Media	17,92	50,55	31,53
Mediana	22,54	52,25	29,99
Desv. Típica	25,96	12,52	23,23
Máximo	53,05	71,91	72,21
Mínimo	-44,12	30,27	-12,62
60-69 años			
Media	34,08	35,55	30,36
Mediana	30,85	42,19	27,68
Desv. Típica	19,74	31,39	31,29
Máximo	68,92	67,56	72,87
Mínimo	6,99	-41,79	-27,99
Mayores o iguales a 70 años			
Media	26,96	43,01	30,04
Mediana	28,02	38,66	42,15
Desv. Típica	20,92	22,57	39,36
Máximo	59,15	75,76	90,64
Mínimo	-0,39	8,78	-34,91

En la tabla 51, mostramos, a modo de resumen, los valores medios de la contribución sensorial para los distintos grupos de edad, remarcando en naranja, aquéllas en las que las diferencias son estadísticamente significativas. En este caso para la contribución visual y vestibular.

Tabla 51: Estadísticos descriptivos del análisis sensorial del Sway Star.			
	Visual	Somatosensorial	Vestibular y otros
<20 años	9,88*	43,64	46,48*
20-29 años	9,76*	30,40	59,84*
30-39 años	1,89*	34,66	63,45*
40-49 años	-5,19*	39,64	65,55*
50-59 años	17,92*	50,55	31,53*
60-69 años	34,08*	35,55	30,36*
≥70 años	26,96*	43,01	30,04*

En la figura 74, podemos observar como la importancia relativa de la información visual va disminuyendo con la edad hasta alcanzar el mínimo, incluso con valores negativos, en el grupo de edad de 40 a 49 años, para ascender nuevamente en las siguientes décadas. Por el contrario, la importancia relativa de la información vestibular va aumentando hasta un máximo también en el grupo de edad de 40 a 49 años, para ir disminuyendo en las siguientes décadas.

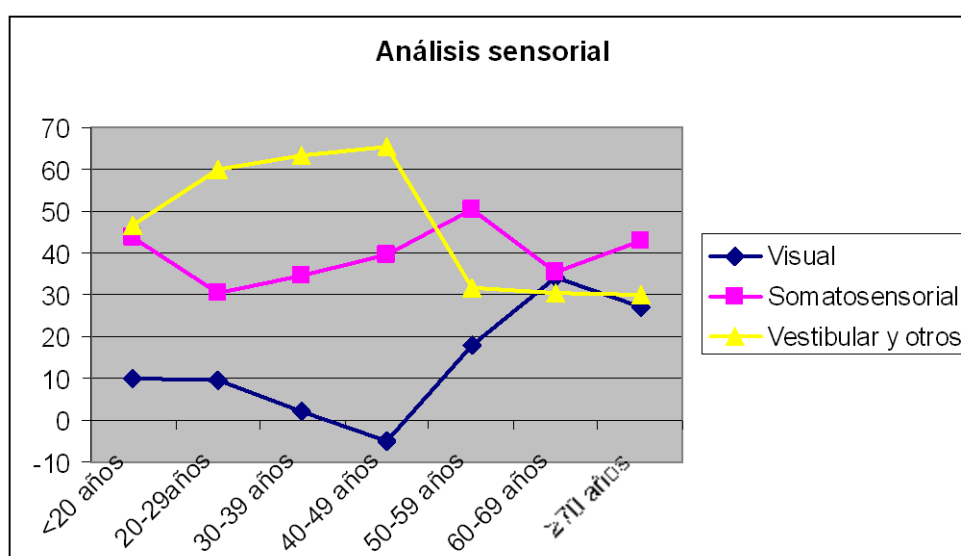


Figura 74: Representación gráfica del análisis sensorial del Sway Star.

2.4 Cocientes paso/postura.

Estos cocientes son la resultante, por un lado, del cociente de la velocidad angular de los protocolos: “caminar 3 metros moviendo la cabeza de arriba y abajo simultáneamente con el paso” (w3mph) y “estático de pie sobre dos piernas con los ojos cerrados sobre una superficie de espuma” (s2ecf); y, por otro, del ángulo de inclinación del tronco de los protocolos “caminar ocho pasos en tándem” (w8tan) y “estático de pie sobre dos piernas con los ojos cerrados sobre una superficie de espuma” (s2ecf).

En la tabla 52 se exponen los estadísticos descriptivos para la población total. No se hacen diferencias por sexo, ya que no existen diferencias estadísticamente significativas entre varones y mujeres.

Tabla 52: Estadísticos descriptivos de los cocientes paso/postura para la población total.		
	w3mph/s2ecf	w8tan/s2ecf
Media	7,11	4,19
Mediana	6,27	3,08
Desviación típica	5,68	3,78
Máximo	43,67	24,26
Mínimo	0,87	0,93

En la tabla 53 mostramos los resultados del análisis descriptivo para los distintos grupos de edad.

Tabla 53: Estadísticos descriptivos para los distintos grupos de edad		
	w3mph/s2ecf	w8tan/s2ecf
Menores de 20 años		
Media	6,37	4,09
Mediana	5,47	3,07
Desviación típica	2,86	2,85
Máximo	10,68	9,92
Mínimo	3,29	0,93

20-29 años		
Media	7,81	4,16
Mediana	7,26	3,57
Desviación típica	4,08	1,91
Máximo	17,92	8,52
Mínimo	3,18	2,17
30-39 años		
Media	11,52	5,24
Mediana	9,25	4,07
Desviación típica	11,50	3,55
Máximo	43,67	12,19
Mínimo	4,62	1,00
40-49 años		
Media	10,07	7,03
Mediana	9,19	3,89
Desviación típica	3,75	7,60
Máximo	16,30	24,26
Mínimo	4,86	1,25
50-59 años		
Media	4,71	3,27
Mediana	4,37	3,29
Desviación típica	2,84	1,60
Máximo	9,59	5,89
Mínimo	1,57	1,31
60-69 años		
Media	5,35	3,16
Mediana	5,90	2,05
Desviación típica	3,16	2,82
Máximo	11,40	10,83
Mínimo	0,87	1,47
≥ 70 años		
Media	3,94	2,39
Mediana	3,55	2,10
Desviación típica	2,16	0,99
Máximo	7,45	4,41
Mínimo	1,61	1,22

Si aplicamos el test de ANOVA, como vemos en la tabla 54, encontramos diferencias significativas para el cociente $w3mph/s2ecf$ ($p=0,015$).

ANOVA						
		Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
w3mph/s2ecf	Between Groups	481,782	6	80,297	2,901	,015
	Within Groups	1743,806	63	27,679		
	Total	2225,589	69			
w8tan/s2ecf	Between Groups	143,025	6	23,838	1,781	,117
	Within Groups	843,065	63	13,382		
	Total	986,091	69			

Tabla 54: Resultados del ANOVA para los cocientes paso/postura.

Tabla 54: Resultados del ANOVA para los cocientes paso/postura.

Como podemos observar en la figura 75, los cocientes van aumentando hasta alcanzar un máximo en los grupos de edad de 30-39 y 40-49 años, para disminuir de nuevo en los siguientes grupos de edad, alcanzando el mínimo en el grupo de edad de mayores o iguales a 70 años.

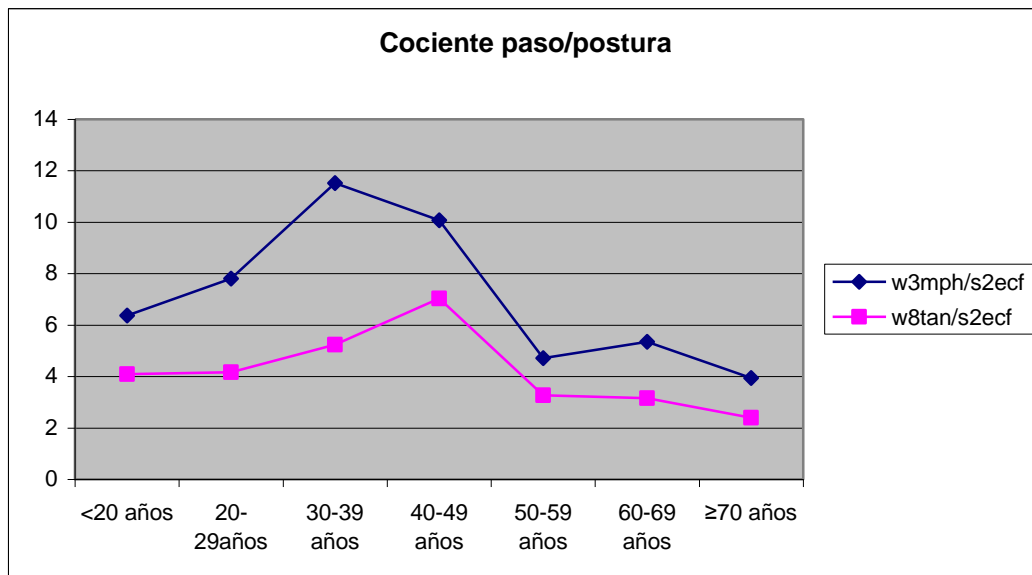


Figura 75: Representación gráfica de los cocientes paso/postura.

2.5 Índices de control del equilibrio (Índices BCI).

También en lo que respecta a este apartado, hemos hecho un análisis descriptivo de las variables. En la tabla 55 se exponen los estadísticos descriptivos para la población total; no se hacen diferencias por sexo, ya que no existen diferencias significativas entre varones y mujeres.

Tabla 55: Estadísticos descriptivos para la población total. BCI: índice de control del equilibrio. BCIns: índice de control del equilibrio incluyendo las escaleras.		
	BCI	BCIns
Media	504,70	314,92
Mediana	483,08	297,72
Desv. Típica	108,97	79,97
Máximo	818,98	600,61
Mínimo	260,31	190,71

En la tabla 56 mostramos los resultados del análisis descriptivo para los distintos grupos de edad.

Tabla 56: Estadísticos descriptivos para los distintos grupos de edad.		
	BCI	BCIns
Menores de 20 años		
Media	538,69	354,94
Mediana	483,99	336,13
Desviación típica	116,24	97,02
Máximo	818,98	600,61
Mínimo	439,33	268,35
20-29 años		
Media	471,11	286,36
Mediana	469,59	295,22
Desviación típica	66,47	49,40
Máximo	592,38	342,76
Mínimo	364,92	222,08
30-39 años		
Media	526,41	336,04
Mediana	535,31	345,85
Desviación típica	92,39	81,08

Máximo	673,40	490,15
Mínimo	335,27	194,98
40-49 años		
Media	494,26	326,53
Mediana	473,79	296,27
Desviación típica	91,09	76,56
Máximo	658,48	451,37
Mínimo	402,98	235,49
50-59 años		
Media	434,27	266,60
Mediana	431,27	262,07
Desviación típica	54,94	44,93
Máximo	543,26	350,86
Mínimo	354,29	209,08
60-69 años		
Media	552,55	294,47
Mediana	523,83	268,19
Desviación típica	165,37	103,22
Máximo	783,12	538,82
Mínimo	325,59	190,71
≥ 70 años		
Media	515,60	339,52
Mediana	497,91	328,73
Desviación típica	120,57	70,75
Máximo	672,23	480,49
Mínimo	260,31	252,60

Aplicando el test de ANOVA no se encuentran diferencias significativas entre los distintos grupos de edad.

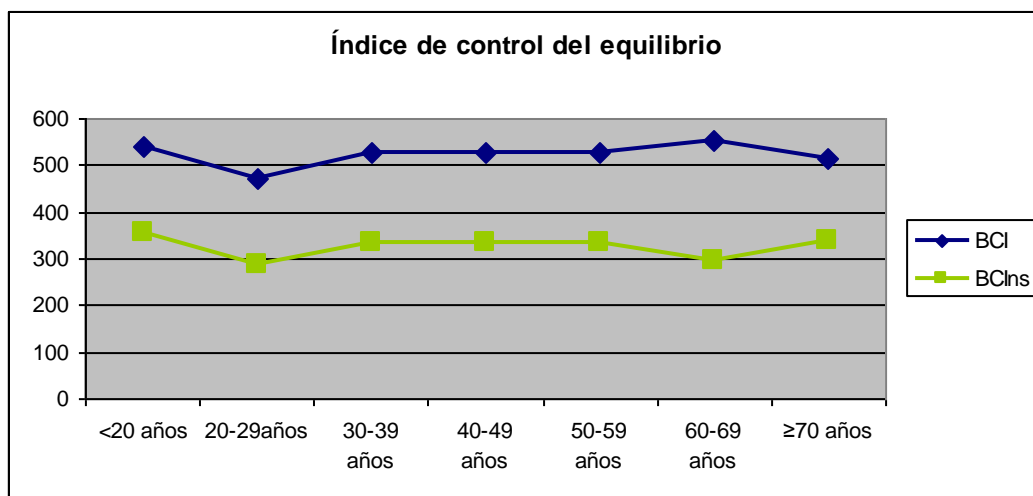


Figura 76: Representación gráfica de las medias de los índices de control del equilibrio en los distintos grupos de edad.

2.6 Patrones de normalidad.

Para establecer los patrones de normalidad para nuestra población, hemos escogido un intervalo de confianza para la media al 95%, lo que resultaría de aplicar la fórmula:

$$\text{Media} \pm \left[\frac{1,96 \times \text{desviación típica}}{\sqrt{n}} \right]$$

Dado que no parecen existir diferencias significativas entre las medias de los distintos sexos, vamos a establecer unos parámetros de normalidad para nuestro estudio, que hagan diferencias únicamente por grupos de edad. Entre ellos sí se ponen de manifiesto diferencias significativas para ciertas variables.

En la tabla 57 mostramos los patrones de normalidad para la población total, de una manera similar a como lo hace el Sway Star en la opción del BCS (*resumen del control del balance*). En la primera columna nos encontramos con la abreviatura de cada una de las pruebas. Algunas se encuentran duplicadas; esto es debido a que la segunda fila corresponde a la duración de la prueba (tiempo). La segunda columna corresponde al valor inferior del intervalo, valor a partir del cual consideraremos el registro como dentro de la normalidad. La tercera columna corresponde a la media de nuestra población. La cuarta, el límite superior, valor a partir del cual consideraremos un registro como patológico. La quinta columna hace referencia al tipo de valor de cada medición, pudiéndose tratar de velocidad angular del balanceo en grados por segundo (°/s), ángulo de inclinación (°) o un índice compuesto. En la sexta y última columna nos encontramos con la

descripción de las pruebas sencillas en inglés y de los índices compuestos en español.

Tabla 57: Patrones de normalidad para la población total.					
	Lím inf	Media	Lím sup	Tipo de valor	Protocolo de la prueba
s2ecf	10,68	12,82	14,97	Vel. ang. del balanceo [g°/s]	Standing on 2 legs EC on foam support
s2ecf	20,00	20,00	20,00	Duración [s]	Standing on 2 legs EC on foam support
s2ec	3,44	4,63	5,81	Vel. ang. del balanceo [g°/s]	Standing on 2 legs EC
s2ec	20,00	20,00	20,00	Duración [s]	Standing on 2 legs EC
s2eof	7,00	8,60	10,21	Vel. ang. del balanceo [g°/s]	Standing on 2 legs EO on foam support
s2eof	19,45	19,81	20,18	Duración [s]	Standing on 2 legs EO on foam support
s2eo	3,59	4,24	4,90	Vel. ang. del balanceo [g°/s]	Standing on 2 legs EO
s2eo	20,00	20,00	20,00	Duración [s]	Standing on 2 legs EO
s1eo	3,13	4,02	4,92	Ang. De inclinación [g°]	Standing on 1 leg EO
s1eo	20,00	20,00	20,00	Duración [s]	Standing on 1 leg EO
w3mec	57,15	63,77	70,38	Vel. ang. del balanceo [g°/s]	Walking 3m EC
w3mec	4,70	5,10	5,50	Duración [s]	Walking 3m EC
w3mph	60,11	66,21	72,31	Vel. ang. del balanceo [g°/s]	Walking 3m pitching head
w3mph	5,51	6,02	6,52	Duración [s]	Walking 3m pitching head
w8tan	7,31	8,64	9,98	Ang. De inclinación [g°]	Walking 8 tandem steps EO
w8tan	9,89	10,68	11,47	Duración [s]	Walking 8 tandem steps EO
Barriers	21,27	23,11	24,95	Ang. De inclinación [g°]	Walking over Barriers
Barriers	6,79	7,41	8,04	Duración [s]	Walking over Barriers
Stairs	14,39	15,82	17,24	Ang. De inclinación [g°]	Walking Up and Down Stairs
Stairs	4,42	5,04	5,66	Duración [s]	Walking Up and Down Stairs
Vis	8,09	13,61	19,14	Índice compuesto	Análisis sensorial en velocidad angular del balanceo
Som	34,60	39,64	44,67	Índice compuesto	Análisis sensorial en velocidad angular del balanceo
vest&oth	39,70	46,75	53,80	Índice compuesto	Análisis sensorial en velocidad angular del balanceo
w3mph/s2ecf	5,78	7,11	8,44	Índice compuesto	Cociente en velocidad angular de balanceo
w8tan/s2ecf	3,31	4,19	5,08	Índice compuesto	Cociente en ángulo de inclinación
BCI	479,17	504,70	530,23	Índice compuesto	Índice del Control del Balance(sin las escaleras)
BCIns	296,19	314,92	333,66	Índice compuesto	Índice del Control del Balance

s2ec: posición estática de pie, ojos cerrados, superficie normal;
s2eof: posición estática de pie, ojos abiertos, superficie de apoyo de espuma;
s2eo: posición estática de pie, ojos abiertos, superficie normal;
s1eo: posición estática de pie, sobre una pierna, ojos abiertos, superficie normal;
w3mec: caminar 3 metros, ojos cerrados;
w3mph: caminar 3 m moviendo simultáneamente la cabeza, hacia arriba y hacia abajo;
w8tan: 8 pasos en tándem, con los ojos abiertos, en una superficie normal;
Barriers: por encima de cuatro barreras;
Stairs: subir y bajar una escalera de dos escalones de subida y dos de bajada;
Vis: contribución del sistema visual;
Som: contribución del sistema somatosensorial;
vest&oth: contribución del sistema vestibular y otros posibles contribuciones.
w3mph/s2ecf: cociente entre caminar 3 m moviendo simultáneamente la cabeza, hacia arriba y hacia abajo y posición estática de pie, ojos abiertos, superficie de apoyo de espuma;
w8tan/s2ecf: cociente entre 8 pasos en tándem, con los ojos abiertos, en una superficie normal posición estática de pie, ojos abiertos, superficie de apoyo de espuma;
BCI: índice de control del equilibrio.
BCIns: índice de control del equilibrio incluyendo las escaleras.

A continuación, en la tabla 58 se exponen los patrones de normalidad para nuestra población en menores de 20 años.

Tabla 58: Patrones de normalidad para los menores de 20 años.					
	Lím inf	Media	Lím sup	Tipo de valor	Protocolo de la prueba
s2ecf	9,85	14,01	18,16	Vel. ang. del balanceo [g°/s]	Standing on 2 legs EC on foam support
s2ecf	20,00	20,00	20,00	Duración [s]	Standing on 2 legs EC on foam support
s2ec	2,57	4,72	6,87	Vel. ang. del balanceo [g°/s]	Standing on 2 legs EC
s2ec	20,00	20,00	20,00	Duración [s]	Standing on 2 legs EC
s2eof	6,14	10,58	15,02	Vel. ang. del balanceo [g°/s]	Standing on 2 legs EO on foam support
s2eof	20,00	20,00	20,00	Duración [s]	Standing on 2 legs EO on foam support
s2eo	3,19	4,91	6,64	Vel. ang. del balanceo [g°/s]	Standing on 2 legs EO
s2eo	20,00	20,00	20,00	Duración [s]	Standing on 2 legs EO
s1eo	1,79	2,36	2,94	Ang. de inclinación [g°]	Standing on 1 leg EO
s1eo	20,00	20,00	20,00	Duración [s]	Standing on 1 leg EO
w3mec	59,08	80,63	102,17	Vel. ang. del balanceo [g°/s]	Walking 3m EC
w3mec	4,23	4,89	5,55	Duración [s]	Walking 3m EC
w3mph	58,96	79,99	101,01	Vel. ang. del balanceo [g°/s]	Walking 3m pitching head
w3mph	5,29	6,18	7,06	Duración [s]	Walking 3m pitching head
w8tan	5,41	6,82	8,24	Ang. de inclinación [g°]	Walking 8 tandem steps EO
w8tan	10,39	11,06	11,73	Duración [s]	Walking 8 tandem steps EO
Barriers	15,17	18,10	21,03	Ang. de inclinación [g°]	Walking over Barriers
Barriers	6,60	7,37	8,13	Duración [s]	Walking over Barriers
Stairs	13,41	15,31	17,21	Ang. de inclinación [g°]	Walking Up and Down Stairs
Stairs	4,00	4,44	4,89	Duración [s]	Walking Up and Down Stairs
Vis	1,22	9,88	18,54	Índice compuesto	Análisis sensorial en velocidad angular del balanceo
Som	36,43	43,64	50,85	Índice compuesto	Análisis sensorial en velocidad angular del balanceo
vest&oth	39,59	46,48	53,37	Índice compuesto	Análisis sensorial en velocidad angular del balanceo
w3mph/s2ecf	4,60	6,37	8,14	Índice compuesto	Cociente en velocidad angular de balanceo
w8tan/s2ecf	2,32	4,09	5,86	Índice compuesto	Cociente en ángulo de inclinación
BCI	466,65	538,69	610,74	Índice compuesto	Índice del Control del Balance(sin las escaleras)
BCIns	294,81	354,94	415,08	Índice compuesto	Índice del Control del Balance

s2ec: posición estática de pie, ojos cerrados, superficie normal;
s2eof: posición estática de pie, ojos abiertos, superficie de apoyo de espuma;
s2eo: posición estática de pie, ojos abiertos, superficie normal;
s1eo: posición estática de pie, sobre una pierna, ojos abiertos, superficie normal;
w3mec: caminar 3 metros, ojos cerrados;
w3mph: caminar 3 m moviendo simultáneamente la cabeza, hacia arriba y hacia abajo;
w8tan: 8 pasos en tándem, con los ojos abiertos, en una superficie normal;
Barriers: por encima de cuatro barreras;
Stairs: subir y bajar una escalera de dos escalones de subida y dos de bajada;
Vis: contribución del sistema visual;
Som: contribución del sistema somatosensorial;
vest&oth: contribución del sistema vestibular y otros posibles contribuciones.
w3mph/s2ecf: cociente entre caminar 3 m moviendo simultáneamente la cabeza, hacia arriba y hacia abajo y posición estática de pie, ojos abiertos, superficie de apoyo de espuma;
w8tan/s2ecf: cociente entre 8 pasos en tándem, con los ojos abiertos, en una superficie normal posición estática de pie, ojos abiertos, superficie de apoyo de espuma;
BCI: índice de control del equilibrio.
BCIns: índice de control del equilibrio incluyendo las escaleras.

En la tabla 59 se exponen los patrones de normalidad para nuestra población para el grupo de edad de 20 a 29 años.

Tabla 59: Patrones de normalidad para el grupo de edad de 20 a 29 años.					
	Lím inf	Media	Lím sup	Tipo de valor	Protocolo de la prueba
s2ecf	6,65	8,02	9,40	Vel. Ang. del balanceo [g°/s]	Standing on 2 legs EC on foam support
s2ecf	20,00	20,00	20,00	Duración [s]	Standing on 2 legs EC on foam support
s2ec	2,29	4,32	6,35	Vel. Ang. del balanceo [g°/s]	Standing on 2 legs EC
s2ec	20,00	20,00	20,00	Duración [s]	Standing on 2 legs EC
s2eof	5,03	6,34	7,66	Vel. ang. del balanceo [g°/s]	Standing on 2 legs EO on foam support
s2eof	20,00	20,00	20,00	Duración [s]	Standing on 2 legs EO on foam support
s2eo	2,69	3,75	4,80	Vel. ang. del balanceo [g°/s]	Standing on 2 legs EO
s2eo	20,00	20,00	20,00	Duración [s]	Standing on 2 legs EO
s1eo	1,42	2,65	3,88	Ang. De inclinación [g°]	Standing on 1 leg EO
s1eo	20,00	20,00	20,00	Duración [s]	Standing on 1 leg EO
w3mec	43,88	55,16	66,44	Vel. ang. del balanceo [g°/s]	Walking 3m EC
w3mec	4,17	5,19	6,20	Duración [s]	Walking 3m EC
w3mph	47,50	55,76	64,02	Vel. ang. del balanceo [g°/s]	Walking 3m pitching head
w3mph	4,71	5,38	6,05	Duración [s]	Walking 3m pitching head
w8tan	5,67	7,63	9,59	Ang. De inclinación [g°]	Walking 8 tandem steps EO
w8tan	8,53	10,05	11,58	Duración [s]	Walking 8 tandem steps EO
Barriers	19,58	22,66	25,73	Ang. De inclinación [g°]	Walking over Barriers
Barriers	5,94	6,77	7,61	Duración [s]	Walking over Barriers
Stairs	13,11	15,40	17,69	Ang. De inclinación [g°]	Walking Up and Down Stairs
Stairs	3,43	4,58	5,73	Duración [s]	Walking Up and Down Stairs
Vis	-0,12	9,76	19,63	Índice compuesto	Análisis sensorial en velocidad angular del balanceo
Som	16,82	30,40	43,98	Índice compuesto	Análisis sensorial en velocidad angular del balanceo
vest&oth	43,01	59,84	76,68	Índice compuesto	Análisis sensorial en velocidad angular del balanceo
w3mph/s2ecf	5,28	7,81	10,33	Índice compuesto	Cociente en velocidad angular de balanceo
w8tan/s2ecf	2,98	4,16	5,35	Índice compuesto	Cociente en ángulo de inclinación
BCI	429,91	471,11	512,30	Índice compuesto	Índice del Control del Balance(sin las escaleras)
BCIns	255,74	286,36	316,97	Índice compuesto	Índice del Control del Balance

s2ec: posición estática de pie, ojos cerrados, superficie normal;
s2eof: posición estática de pie, ojos abiertos, superficie de apoyo de espuma;
s2eo: posición estática de pie, ojos abiertos, superficie normal;
s1eo: posición estática de pie, sobre una pierna, ojos abiertos, superficie normal;
w3mec: caminar 3 metros, ojos cerrados;
w3mph: caminar 3 m moviendo simultáneamente la cabeza, hacia arriba y hacia abajo;
w8tan: 8 pasos en tándem, con los ojos abiertos, en una superficie normal;
Barriers: por encima de cuatro barreras;
Stairs: subir y bajar una escalera de dos escalones de subida y dos de bajada;
Vis: contribución del sistema visual;
Som: contribución del sistema somatosensorial;
vest&oth: contribución del sistema vestibular y otros posibles contribuciones.
w3mph/s2ecf: cociente entre caminar 3 m moviendo simultáneamente la cabeza, hacia arriba y hacia abajo y posición estática de pie, ojos abiertos, superficie de apoyo de espuma;
w8tan/s2ecf: cociente entre 8 pasos en tándem, con los ojos abiertos, en una superficie normal posición estática de pie, ojos abiertos, superficie de apoyo de espuma;
BCI: índice de control del equilibrio.
BCIns: índice de control del equilibrio incluyendo las escaleras.

En la tabla 60 se exponen los patrones de normalidad para nuestra población para el grupo de edad de 30 a 39 años.

Tabla 60: Patrones de normalidad para el grupo de edad de 30 a 39 años.					
	Lím inf	Media	Lím sup	Tipo de valor	Protocolo de la prueba
s2ecf	5,50	8,14	10,78	Vel. ang. del balanceo [g°/s]	Standing on 2 legs EC on foam support
s2ecf	20,00	20,00	20,00	Duración [s]	Standing on 2 legs EC on foam support
s2ec	2,84	3,35	3,85	Vel. ang. del balanceo [g°/s]	Standing on 2 legs EC
s2ec	20,00	20,00	20,00	Duración [s]	Standing on 2 legs EC
s2eof	2,46	9,48	16,50	Vel. ang. del balanceo [g°/s]	Standing on 2 legs EO on foam support
s2eof	20,00	20,00	20,00	Duración [s]	Standing on 2 legs EO on foam support
s2eo	2,50	3,54	4,58	Vel. ang. del balanceo [g°/s]	Standing on 2 legs EO
s2eo	20,00	20,00	20,00	Duración [s]	Standing on 2 legs EO
s1eo	1,21	2,54	3,87	Ang. De inclinación [g°]	Standing on 1 leg EO
s1eo	20,00	20,00	20,00	Duración [s]	Standing on 1 leg EO
w3mec	51,85	70,27	88,69	Vel. ang. del balanceo [g°/s]	Walking 3m EC
w3mec	4,12	5,66	7,19	Duración [s]	Walking 3m EC
w3mph	52,96	69,73	86,49	Vel. ang. del balanceo [g°/s]	Walking 3m pitching head
w3mph	4,87	5,85	6,83	Duración [s]	Walking 3m pitching head
w8tan	4,64	6,25	7,86	Ang. De inclinación [g°]	Walking 8 tandem steps EO
w8tan	9,57	11,86	14,15	Duración [s]	Walking 8 tandem steps EO
Barriers	20,39	27,23	34,06	Ang. De inclinación [g°]	Walking over Barriers
Barriers	6,13	7,28	8,43	Duración [s]	Walking over Barriers
Stairs	13,83	15,86	17,89	Ang. De inclinación [g°]	Walking Up and Down Stairs
Stairs	3,53	4,21	4,89	Duración [s]	Walking Up and Down Stairs
Vis	-12,89	1,89	16,66	Índice compuesto	Análisis sensorial en velocidad angular del balanceo
Som	20,01	34,66	49,32	Índice compuesto	Análisis sensorial en velocidad angular del balanceo
vest&oth	48,33	63,45	78,57	Índice compuesto	Análisis sensorial en velocidad angular del balanceo
w3mph/s2ecf	4,40	11,52	18,65	Índice compuesto	Cociente en velocidad angular de balanceo
w8tan/s2ecf	3,04	5,24	7,44	Índice compuesto	Cociente en ángulo de inclinación
BCI	469,15	526,41	583,67	Índice compuesto	Índice del Control del Balance(sin las escaleras)
BCIns	285,79	336,04	386,29	Índice compuesto	Índice del Control del Balance

s2ec: posición estática de pie, ojos cerrados, superficie normal;
s2eof: posición estática de pie, ojos abiertos, superficie de apoyo de espuma;
s2eo: posición estática de pie, ojos abiertos, superficie normal;
s1eo: posición estática de pie, sobre una pierna, ojos abiertos, superficie normal;
w3mec: caminar 3 metros, ojos cerrados;
w3mph: caminar 3 m moviendo simultáneamente la cabeza, hacia arriba y hacia abajo;
w8tan: 8 pasos en tándem, con los ojos abiertos, en una superficie normal;
Barriers: por encima de cuatro barreras;
Stairs: subir y bajar una escalera de dos escalones de subida y dos de bajada;
Vis: contribución del sistema visual;
Som: contribución del sistema somatosensorial;
vest&oth: contribución del sistema vestibular y otros posibles contribuciones.
w3mph/s2ecf: cociente entre caminar 3 m moviendo simultáneamente la cabeza, hacia arriba y hacia abajo y posición estática de pie, ojos abiertos, superficie de apoyo de espuma;
w8tan/s2ecf: cociente entre 8 pasos en tándem, con los ojos abiertos, en una superficie normal posición estática de pie, ojos abiertos, superficie de apoyo de espuma;
BCI: índice de control del equilibrio.
BCIns: índice de control del equilibrio incluyendo las escaleras.

A continuación, en la tabla 61 se exponen los patrones de normalidad para nuestra población en el grupo de edad de 40 a 49 años.

Tabla 61: Patrones de normalidad para el grupo de edad de 40 a 49 años.					
	Lím inf	Media	Lím sup	Tipo de valor	Protocolo de la prueba
s2ecf	5,14	8,50	11,85	Vel. ang. del balanceo [g°/s]	Standing on 2 legs EC on foam support
s2ecf	20,00	20,00	20,00	Duración [s]	Standing on 2 legs EC on foam support
s2ec	2,31	3,79	5,27	Vel. ang. del balanceo [g°/s]	Standing on 2 legs EC
s2ec	20,00	20,00	20,00	Duración [s]	Standing on 2 legs EC
s2eof	5,44	10,44	15,43	Vel. ang. del balanceo [g°/s]	Standing on 2 legs EO on foam support
s2eof	20,00	20,00	20,00	Duración [s]	Standing on 2 legs EO on foam support
s2eo	2,59	3,79	4,99	Vel. ang. del balanceo [g°/s]	Standing on 2 legs EO
s2eo	20,00	20,00	20,00	Duración [s]	Standing on 2 legs EO
s1eo	2,06	3,64	5,21	Ang. De inclinación [g°]	Standing on 1 leg EO
s1eo	20,00	20,00	20,00	Duración [s]	Standing on 1 leg EO
w3mec	51,81	71,24	90,67	Vel. ang. del balanceo [g°/s]	Walking 3m EC
w3mec	3,90	4,72	5,55	Duración [s]	Walking 3m EC
w3mph	57,31	73,29	89,26	Vel. ang. del balanceo [g°/s]	Walking 3m pitching head
w3mph	4,88	5,88	6,87	Duración [s]	Walking 3m pitching head
w8tan	5,83	7,74	9,64	Ang. De inclinación [g°]	Walking 8 tandem steps EO
w8tan	7,76	9,10	10,44	Duración [s]	Walking 8 tandem steps EO
Barriers	16,37	19,71	23,05	Ang. De inclinación [g°]	Walking over Barriers
Barriers	6,08	7,04	8,00	Duración [s]	Walking over Barriers
Stairs	12,41	13,98	15,55	Ang. De inclinación [g°]	Walking Up and Down Stairs
Stairs	3,59	4,25	4,90	Duración [s]	Walking Up and Down Stairs
Vis	-18,77	-5,19	8,40	Índice compuesto	Análisis sensorial en velocidad angular del balanceo
Som	27,02	39,64	52,26	Índice compuesto	Análisis sensorial en velocidad angular del balanceo
vest&oth	49,57	65,55	81,52	Índice compuesto	Análisis sensorial en velocidad angular del balanceo
w3mph/s2ecf	7,75	10,07	12,40	Índice compuesto	Cociente en velocidad angular de balanceo
w8tan/s2ecf	2,32	7,03	11,74	Índice compuesto	Cociente en ángulo de inclinación
BCI	437,83	494,29	550,74	Índice compuesto	Índice del Control del Balance(sin las escaleras)
BCIns	279,07	326,53	373,98	Índice compuesto	Índice del Control del Balance

s2ec: posición estática de pie, ojos cerrados, superficie normal;
s2eof: posición estática de pie, ojos abiertos, superficie de apoyo de espuma;
s2eo: posición estática de pie, ojos abiertos, superficie normal;
s1eo: posición estática de pie, sobre una pierna, ojos abiertos, superficie normal;
w3mec: caminar 3 metros, ojos cerrados;
w3mph: caminar 3 m moviendo simultáneamente la cabeza, hacia arriba y hacia abajo;
w8tan: 8 pasos en tándem, con los ojos abiertos, en una superficie normal;
Barriers: por encima de cuatro barreras;
Stairs: subir y bajar una escalera de dos escalones de subida y dos de bajada;
Vis: contribución del sistema visual;
Som: contribución del sistema somatosensorial;
vest&oth: contribución del sistema vestibular y otros posibles contribuciones.
w3mph/s2ecf: cociente entre caminar 3 m moviendo simultáneamente la cabeza, hacia arriba y hacia abajo y posición estática de pie, ojos abiertos, superficie de apoyo de espuma;
w8tan/s2ecf: cociente entre 8 pasos en tándem, con los ojos abiertos, en una superficie normal posición estática de pie, ojos abiertos, superficie de apoyo de espuma;
BCI: índice de control del equilibrio.
BCIns: índice de control del equilibrio incluyendo las escaleras.

En la tabla 62 se exponen los patrones de normalidad para nuestra población en el grupo de edad de 50 a 59 años.

Tabla 62: Patrones de normalidad para el grupo de edad de 50 a 59 años.					
	Lím inf	Media	Lím sup	Tipo de valor	Protocolo de la prueba
s2ecf	9,82	13,69	17,55	Vel. ang. del balanceo [g°/s]	Standing on 2 legs EC on foam support
s2ecf	20,00	20,00	20,00	Duración [s]	Standing on 2 legs EC on foam support
s2ec	2,79	3,53	4,28	Vel. ang. del balanceo [g°/s]	Standing on 2 legs EC
s2ec	20,00	20,00	20,00	Duración [s]	Standing on 2 legs EC
s2eof	3,71	9,19	14,68	Vel. ang. del balanceo [g°/s]	Standing on 2 legs EO on foam support
s2eof	16,13	18,69	21,25	Duración [s]	Standing on 2 legs EO on foam support
s2eo	1,59	3,82	6,06	Vel. ang. del balanceo [g°/s]	Standing on 2 legs EO
s2eo	20,00	20,00	20,00	Duración [s]	Standing on 2 legs EO
s1eo	2,46	5,17	7,87	Ang. De inclinación [g°]	Standing on 1 leg EO
s1eo	20,00	20,00	20,00	Duración [s]	Standing on 1 leg EO
w3mec	41,26	48,71	56,16	Vel. ang. del balanceo [g°/s]	Walking 3m EC
w3mec	3,97	4,81	5,66	Duración [s]	Walking 3m EC
w3mph	39,20	54,61	70,02	Vel. ang. del balanceo [g°/s]	Walking 3m pitching head
w3mph	4,60	5,81	7,02	Duración [s]	Walking 3m pitching head
w8tan	6,94	8,32	9,70	Ang. De inclinación [g°]	Walking 8 tandem steps EO
w8tan	8,29	9,68	11,07	Duración [s]	Walking 8 tandem steps EO
Barriers	18,02	21,60	25,19	Ang. De inclinación [g°]	Walking over Barriers
Barriers	5,70	6,51	7,32	Duración [s]	Walking over Barriers
Stairs	12,35	13,97	15,59	Ang. De inclinación [g°]	Walking Up and Down Stairs
Stairs	3,84	4,32	4,79	Duración [s]	Walking Up and Down Stairs
Vis	1,83	17,92	34,01	Índice compuesto	Análisis sensorial en velocidad angular del balanceo
Som	42,79	50,55	58,31	Índice compuesto	Análisis sensorial en velocidad angular del balanceo
vest&oth	17,13	31,53	45,93	Índice compuesto	Análisis sensorial en velocidad angular del balanceo
w3mph/s2ecf	2,95	4,71	6,47	Índice compuesto	Cociente en velocidad angular de balanceo
w8tan/s2ecf	2,27	3,27	4,26	Índice compuesto	Cociente en ángulo de inclinación
BCI	400,21	434,27	468,32	Índice compuesto	Índice del Control del Balance(sin las escaleras)
BCIns	238,76	266,60	294,45	Índice compuesto	Índice del Control del Balance

s2ec: posición estática de pie, ojos cerrados, superficie normal;
s2eof: posición estática de pie, ojos abiertos, superficie de apoyo de espuma;
s2eo: posición estática de pie, ojos abiertos, superficie normal;
s1eo: posición estática de pie, sobre una pierna, ojos abiertos, superficie normal;
w3mec: caminar 3 metros, ojos cerrados;
w3mph: caminar 3 m moviendo simultáneamente la cabeza, hacia arriba y hacia abajo;
w8tan: 8 pasos en tándem, con los ojos abiertos, en una superficie normal;
Barriers: por encima de cuatro barreras;
Stairs: subir y bajar una escalera de dos escalones de subida y dos de bajada;
Vis: contribución del sistema visual;
Som: contribución del sistema somatosensorial;
vest&oth: contribución del sistema vestibular y otros posibles contribuciones.
w3mph/s2ecf: cociente entre caminar 3 m moviendo simultáneamente la cabeza, hacia arriba y hacia abajo y posición estática de pie, ojos abiertos, superficie de apoyo de espuma;
w8tan/s2ecf: cociente entre 8 pasos en tándem, con los ojos abiertos, en una superficie normal posición estática de pie, ojos abiertos, superficie de apoyo de espuma;
BCI: índice de control del equilibrio.
BCIns: índice de control del equilibrio incluyendo las escaleras.

En la tabla 63 se exponen los patrones de normalidad para nuestra población en el grupo de edad de 60 a 69 años.

Tabla 63: Patrones de normalidad para el grupo de edad de 60 a 69 años.					
	Lím inf	Media	Lím sup	Tipo de valor	Protocolo de la prueba
s2ecf	6,99	16,49	25,98	Vel. ang. del balanceo [g°/s]	Standing on 2 legs EC on foam support
s2ecf	20,00	20,00	20,00	Duración [s]	Standing on 2 legs EC on foam support
s2ec	0,03	7,56	15,08	Vel. ang. del balanceo [g°/s]	Standing on 2 legs EC
s2ec	20,00	20,00	20,00	Duración [s]	Standing on 2 legs EC
s2eof	4,78	6,11	7,44	Vel. ang. del balanceo [g°/s]	Standing on 2 legs EO on foam support
s2eof	20,00	20,00	20,00	Duración [s]	Standing on 2 legs EO on foam support
s2eo	2,17	3,97	5,78	Vel. ang. del balanceo [g°/s]	Standing on 2 legs EO
s2eo	20,00	20,00	20,00	Duración [s]	Standing on 2 legs EO
s1eo	2,31	4,34	6,37	Ang. De inclinación [g°]	Standing on 1 leg EO
s1eo	20,00	20,00	20,00	Duración [s]	Standing on 1 leg EO
w3mec	41,06	63,07	85,08	Vel. ang. del balanceo [g°/s]	Walking 3m EC
w3mec	3,41	4,12	4,83	Duración [s]	Walking 3m EC
w3mph	45,45	61,56	77,66	Vel. Ang. del balanceo [g°/s]	Walking 3m pitching head
w3mph	4,91	5,45	5,99	Duración [s]	Walking 3m pitching head
w8tan	6,48	10,01	13,53	Ang. De inclinación [g°]	Walking 8 tandem steps EO
w8tan	7,91	10,47	13,02	Duración [s]	Walking 8 tandem steps EO
Barriers	18,87	22,71	26,55	Ang. De inclinación [g°]	Walking over Barriers
Barriers	6,70	7,38	8,06	Duración [s]	Walking over Barriers
Stairs	14,33	21,51	28,69	Ang. De inclinación [g°]	Walking Up and Down Stairs
Stairs	4,09	4,90	5,71	Duración [s]	Walking Up and Down Stairs
Vis	21,84	34,08	46,32	Índice compuesto	Análisis sensorial en velocidad angular del balanceo
Som	16,09	35,55	55,01	Índice compuesto	Análisis sensorial en velocidad angular del balanceo
vest&oth	10,97	30,36	49,76	Índice compuesto	Análisis sensorial en velocidad angular del balanceo
w3mph/s2ecf	3,39	5,35	7,30	Índice compuesto	Cociente en velocidad angular de balanceo
w8tan/s2ecf	1,42	3,16	4,91	Índice compuesto	Cociente en ángulo de inclinación
BCI	450,05	552,55	655,05	Índice compuesto	Índice del Control del Balance(sin las escaleras)
BCIns	230,50	294,47	358,44	Índice compuesto	Índice del Control del Balance

s2ec: posición estática de pie, ojos cerrados, superficie normal;
s2eof: posición estática de pie, ojos abiertos, superficie de apoyo de espuma;
s2eo: posición estática de pie, ojos abiertos, superficie normal;
s1eo: posición estática de pie, sobre una pierna, ojos abiertos, superficie normal;
w3mec: caminar 3 metros, ojos cerrados;
w3mph: caminar 3 m moviendo simultáneamente la cabeza, hacia arriba y hacia abajo;
w8tan: 8 pasos en tándem, con los ojos abiertos, en una superficie normal;
Barriers: por encima de cuatro barreras;
Stairs: subir y bajar una escalera de dos escalones de subida y dos de bajada;
Vis: contribución del sistema visual;
Som: contribución del sistema somatosensorial;
vest&oth: contribución del sistema vestibular y otros posibles contribuciones.
w3mph/s2ecf: cociente entre caminar 3 m moviendo simultáneamente la cabeza, hacia arriba y hacia abajo y posición estática de pie, ojos abiertos, superficie de apoyo de espuma;
w8tan/s2ecf: cociente entre 8 pasos en tándem, con los ojos abiertos, en una superficie normal posición estática de pie, ojos abiertos, superficie de apoyo de espuma;
BCI: índice de control del equilibrio.
BCIns: índice de control del equilibrio incluyendo las escaleras.

Por último, en la tabla 64 se exponen los patrones de normalidad para nuestra población en el grupo de mayores o iguales a 70 años.

Tabla 64: Patrones de normalidad para el grupo de edad de mayores o iguales a 70 años.					
	Lím inf	Media	Lím sup	Tipo de valor	Protocolo de la prueba
s2ecf	14,37	20,93	27,49	Vel. ang. del balanceo [g°/s]	Standing on 2 legs EC on foam support
s2ecf	20,00	20,00	20,00	Duración [s]	Standing on 2 legs EC on foam support
s2ec	3,70	5,12	6,54	Vel. ang. del balanceo [g°/s]	Standing on 2 legs EC
s2ec	20,00	20,00	20,00	Duración [s]	Standing on 2 legs EC
s2eof	6,67	8,08	9,49	Vel. ang. del balanceo [g°/s]	Standing on 2 legs EO on foam support
s2eof	20,00	20,00	20,00	Duración [s]	Standing on 2 legs EO on foam support
s2eo	3,48	5,93	8,38	Vel. ang. del balanceo [g°/s]	Standing on 2 legs EO
s2eo	20,00	20,00	20,00	Duración [s]	Standing on 2 legs EO
s1eo	3,39	7,47	11,56	Ang. De inclinación [g°]	Standing on 1 leg EO
s1eo	20,00	20,00	20,00	Duración [s]	Standing on 1 leg EO
w3mec	43,44	57,29	71,14	Vel. ang. del balanceo [g°/s]	Walking 3m EC
w3mec	5,11	6,34	7,57	Duración [s]	Walking 3m EC
w3mph	53,35	68,56	83,76	Vel. ang. del balanceo [g°/s]	Walking 3m pitching head
w3mph	4,89	7,59	10,28	Duración [s]	Walking 3m pitching head
w8tan	6,47	13,74	21,01	Ang. De inclinación [g°]	Walking 8 tandem steps EO
w8tan	9,21	12,56	15,91	Duración [s]	Walking 8 tandem steps EO
Barriers	23,81	29,71	35,60	Ang. De inclinación [g°]	Walking over Barriers
Barriers	5,85	9,54	13,23	Duración [s]	Walking over Barriers
Stairs	9,92	14,67	19,43	Ang. De inclinación [g°]	Walking Up and Down Stairs
Stairs	5,32	8,61	11,89	Duración [s]	Walking Up and Down Stairs
Vis	13,99	26,96	39,93	Índice compuesto	Análisis sensorial en velocidad angular del balanceo
Som	29,02	43,01	57,00	Índice compuesto	Análisis sensorial en velocidad angular del balanceo
vest&oth	5,64	30,04	54,43	Índice compuesto	Análisis sensorial en velocidad angular del balanceo
w3mph/s2ecf	2,61	3,94	5,28	Índice compuesto	Cociente en velocidad angular de balanceo
w8tan/s2ecf	1,77	2,39	3,01	Índice compuesto	Cociente en ángulo de inclinación
BCI	440,87	515,60	590,33	Índice compuesto	Índice del Control del Balance(sin las escaleras)
BCIns	295,67	339,52	383,38	Índice compuesto	Índice del Control del Balance

s2ec: posición estática de pie, ojos cerrados, superficie normal;
s2eof: posición estática de pie, ojos abiertos, superficie de apoyo de espuma;
s2eo: posición estática de pie, ojos abiertos, superficie normal;
s1eo: posición estática de pie, sobre una pierna, ojos abiertos, superficie normal;
w3mec: caminar 3 metros, ojos cerrados;
w3mph: caminar 3 m moviendo simultáneamente la cabeza, hacia arriba y hacia abajo;
w8tan: 8 pasos en tándem, con los ojos abiertos, en una superficie normal;
Barriers: por encima de cuatro barreras;
Stairs: subir y bajar una escalera de dos escalones de subida y dos de bajada;
Vis: contribución del sistema visual;
Som: contribución del sistema somatosensorial;
vest&oth: contribución del sistema vestibular y otros posibles contribuciones.
w3mph/s2ecf: cociente entre caminar 3 m moviendo simultáneamente la cabeza, hacia arriba y hacia abajo y posición estática de pie, ojos abiertos, superficie de apoyo de espuma;
w8tan/s2ecf: cociente entre 8 pasos en tándem, con los ojos abiertos, en una superficie normal posición estática de pie, ojos abiertos, superficie de apoyo de espuma;
BCI: índice de control del equilibrio.
BCIns: índice de control del equilibrio incluyendo las escaleras.

3. Resultados de la posturografía dinámica y Sway Star simultáneamente.

Como ya mencionamos en el capítulo de *Material y métodos*, realizamos un *test de organización sensorial* en el posturógrafo dinámico, simultáneamente con un registro del Sway Star, por lo que en este apartado mostraremos los resultados obtenidos en dicha prueba.

3.1 Posturografía dinámica computerizada.

Al igual que en el apartado 1.1, realizamos un estudio descriptivo del porcentaje de equilibrio obtenido en las distintas condiciones del *test de organización sensorial*. En la tabla 65 mostramos los resultados de la población total.

Tabla 65: Estadísticos descriptivos del SOT para la población total.							
	COND 1	COND 2	COND 3	COND 4	COND 5	COND 6	COMPOSITE
Media	94,56	90,57	92,01	83,81	64,16	63,70	77,26
Mediana	95,00	92,00	92,00	86,00	66,00	66,00	77,00
Desv típica	2,65	8,30	3,50	10,18	14,61	15,59	6,46
Máximo	98,00	97,00	97,00	96,00	95,00	92,00	92,00
Mínimo	86,00	32,00	83,00	40,00	22,00	0,00	56,00

Aplicando el test de ANOVA, al igual que ocurría en el apartado 1, encontramos **diferencias estadísticamente significativas** para los distintos **grupos de edad** en la **condición 4** ($p=0,01$). En la tabla 66, podemos observar como el porcentaje de equilibrio para dicha condición va aumentando hasta el grupo de edad de 40 a 49 años, para disminuir progresivamente a partir de dicha edad.

Tabla 66: Comparación de medias de las condiciones del SOT en los distintos grupos de edad.							
	COND 1	COND 2	COND 3	COND 4	COND 5	COND 6	COMPOSITE
< 20 años	94,80	91,70	93,00	86,70*	62,40	68,50	79,20
20-29 años	93,70	92,00	92,10	86,70*	72,10	71,40	80,40
30-39 años	94,70	92,80	94,00	86,40*	68,10	66,10	77,70
40-49 años	95,30	91,50	92,70	90,20*	65,30	65,00	79,60
50-59 años	93,80	84,30	91,00	81,00*	56,70	61,40	74,20
60-69 años	94,90	90,50	90,10	83,40*	61,80	56,70	75,80
≥70 años	94,70	91,20	91,20	72,30*	62,70	56,80	73,90

En la figura 77 vemos representada la distribución del porcentaje de equilibrio para cada una de las condiciones del *test de organización sensorial* en los distintos grupos de edad.

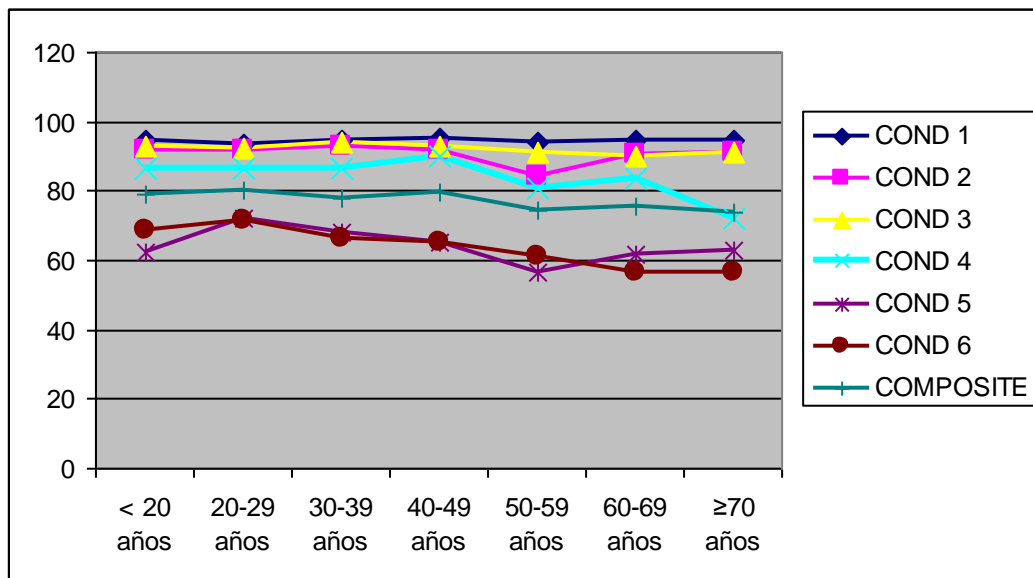


Figura 77: Representación gráfica de la media del equilibrio en cada una de las condiciones del test de organización sensorial para los distintos grupos de edad.

3.2 Sway Star.

En este apartado, a diferencia con el apartado 2, para el análisis de datos no vamos a emplear la opción BCS (*resumen del control del balance*); en este caso analizaremos los ángulos de inclinación y balanceo (°) y la velocidad angular

de inclinación y balanceo (°/seg) para cada una de las condiciones del *test de organización sensorial*. Estos valores los obtenemos de la opción de curvas de ángulos y velocidad angular del tronco.

Dado que no encontramos diferencias estadísticamente significativas en lo que respecta el sexo, a continuación expondremos los resultados obtenidos en el análisis descriptivo para la población total mediante dos tablas. Una de ellas para los ángulos de inclinación (incl) y balanceo (bal). La otra, para la velocidad angular del tronco, también la inclinación (incl) y balanceo (bal) para cada una de las condiciones del *test de organización sensorial*.

Tabla 67: Estadísticos descriptivos del ángulo de inclinación (incl) y balanceo (bal) del Sway Star en las distintas condiciones del SOT para la población total (°).												
	Cond 1		Cond 2		Cond 3		Cond 4		Cond 5		Cond 6	
	Incl	Bal	Incl	Bal	Incl	Bal	Incl	Bal	Incl	Bal	Incl	Bal
Media	1,3	0,4	1,5	0,4	1,6	0,4	2,2	0,5	5,1	1,0	5,5	0,9
Mediana	1,1	0,3	1,4	0,3	1,4	0,3	2,0	0,4	4,7	0,8	4,6	0,7
Desviación típica	0,9	0,4	0,7	0,4	0,8	0,3	1,3	0,3	2,8	0,9	3,3	0,8
Máximo	7,5	2,8	4,6	2,8	5,6	1,4	9,3	1,7	20,4	6,4	18,0	5,0
Mínimo	0,2	0,1	0,2	0,1	0,6	0,1	0,6	0,1	1,5	0,1	1,3	0,2

Tabla 68: Estadísticos descriptivos de la velocidad angular del tronco inclinación (incl) y balanceo (bal) del SwayStar en las distintas condiciones del SOT para la población total (°/seg).												
	Cond 1		Cond 2		Cond 3		Cond 4		Cond 5		Cond 6	
	Incl	Bal	Incl	Bal	Incl	Bal	Incl	Bal	Incl	Bal	Incl	Bal
Media	4,3	3,7	4,8	1,5	1,6	1,3	7,2	1,9	13,4	4,2	12,5	0,9
Mediana	3,5	1,1	4,1	1,1	1,4	1,1	6,1	1,4	10,3	2,6	8,2	0,7
Desviación típica	2,7	15,6	3,6	1,3	0,8	0,8	4,6	1,4	12,4	5,2	12,9	0,8
Máximo	14,7	131,1	22,5	7,6	5,6	4,6	23,5	8,5	93,3	31,6	83,9	5,0
Mínimo	1,3	0,5	0,7	0,0	0,6	0,5	2,3	0,6	1,7	1,1	1,2	0,2

Si analizamos estos datos para los distintos grupos de edad, **encontramos diferencias estadísticamente para los ángulos de inclinación** ($p=0,005$) **y de balanceo** ($p=0,008$), **y para la velocidad de inclinación** ($p=0,049$), para la **condición 4**. A continuación, presentamos en dos tablas, el resumen de los valores

obtenidos para los distintos grupos de edad, en las que se remarcan en naranja (*) aquellas condiciones en las que se han obtenido diferencias estadísticamente significativas.

Tabla 69: Resumen del ángulo de inclinación (incl) y balanceo (bal) del Sway Star en las distintas Condiciones del SOT por grupos de edad (°).

	Cond 1		Cond 2		Cond 3		Cond 4		Cond 5		Cond 6	
	Incl	Bal	Incl	Bal	Incl	Bal	Incl	Bal	Incl	Bal	Incl	Bal
<20 años	1,2	0,4	1,3	0,3	1,4	0,4	2,0*	0,5*	5,5	1,1	4,2	0,8
20-29años	1,2	0,3	1,8	0,4	1,6	0,4	1,9*	0,4*	3,7	0,6	3,9	0,6
30-39 años	1,1	0,3	1,5	0,3	1,2	0,2	1,8*	0,3*	4,8	0,7	5,8	0,6
40-49 años	1,3	0,5	1,4	0,4	1,5	0,3	1,6*	0,5*	4,3	0,7	4,9	0,9
50-59 años	1,7	0,6	1,6	0,4	1,5	0,4	2,3*	0,5*	5,4	0,8	5,3	0,8
60-69 años	1,1	0,3	1,4	0,4	1,8	0,3	1,9*	0,6*	5,4	0,8	6,9	0,9
≥70 años	1,2	0,6	1,9	0,5	2,1	0,4	4,1*	0,8*	6,5	2,1	7,3	1,7

En la figura 78 observamos la representación de los valores para los que se ha obtenido significación estadística. En ella podemos ver como tanto el ángulo de inclinación (Incl) como el de balanceo (Bal) para la condición 4 mantienen cierta estabilidad hasta el grupo de edad de 40-49 años, punto a partir del cual aumenta. Este aumento se hace muy manifiesto en el grupo de edad de mayores o iguales a 70 años.

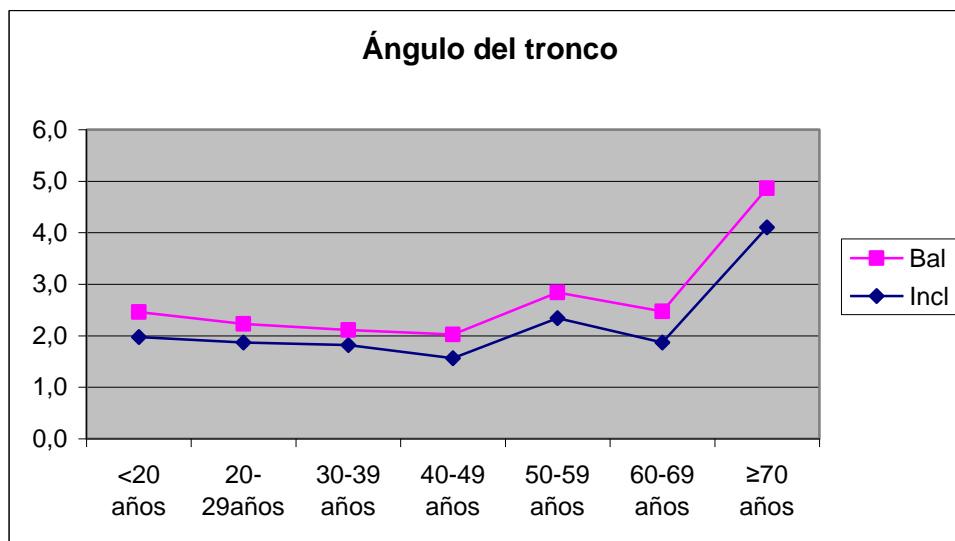


Figura 78: Representación gráfica del ángulo de inclinación (Incl) y balanceo (Bal) en la condición 4.

En la tabla 70, como en la anterior, se muestra un resumen de las velocidades angulares del tronco, obtenidos para los distintos grupos de edad, en las que se remarcan en naranja (*), aquellas en las que se han obtenido diferencias significativas.

Tabla 70: Resumen de la velocidad angular de inclinación (Incl) y balanceo (Bal) del Sway Star en Las distintas condiciones del SOT por grupos de edad (°/seg).

	Cond 1		Cond 2		Cond 3		Cond 4		Cond 5		Cond 6	
	Incl	Bal	Incl	Bal	Incl	Bal	Incl	Bal	Incl	Bal	Incl	Bal
<20 años	4,1	1,9	4,4	1,6	4,2	1,5	7,9*	2,4	14,4	4,3	11,5	3,1
20-29años	4,6	1,5	6,5	2,0	4,2	1,7	6,4*	1,6	10,9	2,9	7,8	2,0
30-39 años	4,1	1,5	4,2	1,7	2,8	0,8	5,1*	1,3	10,8	3,8	9,7	2,5
40-49 años	4,9	2,1	4,9	1,7	3,4	1,2	4,7*	1,3	8,7	2,4	8,5	2,4
50-59 años	4,6	2,1	3,8	1,2	4,3	1,3	6,9*	2,0	10,8	2,8	11,0	2,5
60-69 años	3,2	1,0	4,5	1,1	4,3	1,1	6,9*	2,4	13,5	4,2	18,4	5,3
≥70 años	4,5	2,8	5,4	1,4	5,5	1,7	12,5*	2,4	24,7	9,2	20,6	3,9

En la figura 79 observamos como la velocidad angular de inclinación para la condición 4, disminuye ligeramente desde los menores de 20 años, hasta alcanzar un mínimo en el grupo de edad de 40-49 años, para aumentar progresivamente de nuevo en los siguientes grupos de edad, haciéndose este ascenso mucho más pronunciado en los Mayores o iguales a 70 años.

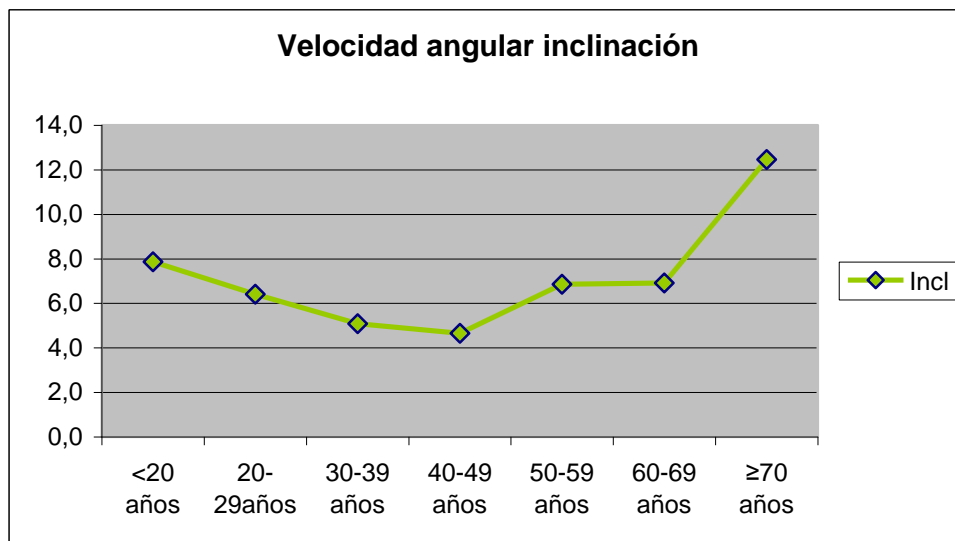


Figura 79: Representación gráfica de la velocidad angular del tronco (inclinación) para la condición 4.

4. Correlaciones entre resultados de la posturografía dinámica computerizada y Sway Star.

4.1 Correlaciones con registros independientes.

En la posturografía dinámica computerizada y el sistema Sway Star nos encontramos con parámetros que en la práctica clínica podrían tener una misma aplicación. En este apartado, analizaremos las posibles correlaciones entre variables de ambos sistemas posturográficos que a priori podrían tener relación. Para comprobar la existencia de una posible relación entre los pares de variables que nos interesan, utilizaremos el coeficiente de correlación lineal de Pearson.

4.1.1 Equilibrio medio: Composite-BCI.

Aplicando el coeficiente de correlación de Pearson al *Composite* (porcentaje de equilibrio global medio de la posturografía dinámica computerizada) y al BCI (índice del control del balance del Sway Star) vemos que no existe correlación entre las variables. En tabla 71 podemos ver el coeficiente de correlación de Pearson (0,13) y la significación (0,285), lo que indica que no existe correlación entre ambas variables.

Correlations		
	COMPOSITE	BCI
COMPOSITE		
Pearson Correlation	1,000	,130
Sig. (2-tailed)		,285
N	70,000	70
BCI		
Pearson Correlation	,130	1,000
Sig. (2-tailed)	,285	
N	70	70,000

Tabla 71: Correlación entre Composite y BCI.

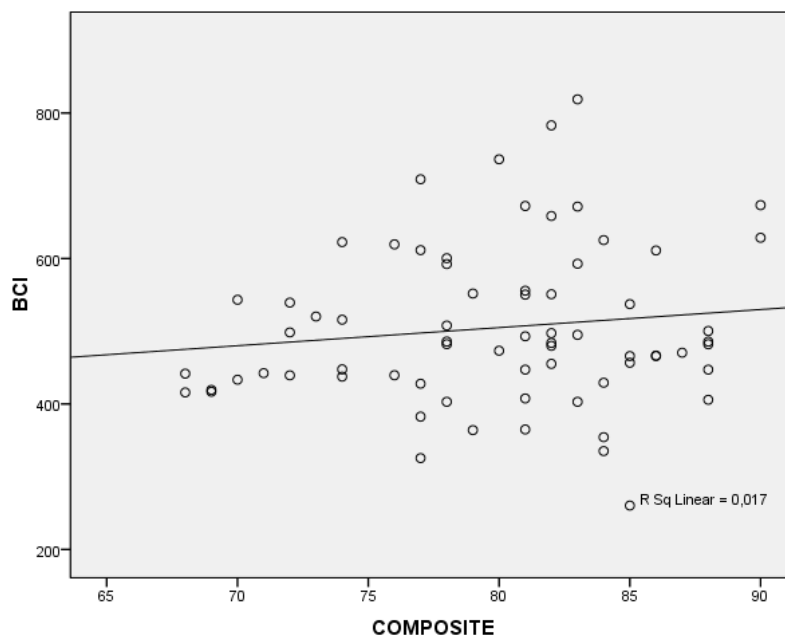


Figura 80: Representación gráfica de la correlación entre Composite y BCI.

4.1.2 Análisis sensorial.

a) Contribución visual:

En este apartado, analizaremos la posible correlación entre la contribución visual ofrecida por la posturografía dinámica computerizada (VISUAL) y la otorgada por el Sway Star (Vis). En tabla 72 podemos ver el coeficiente de

correlación de Pearson (-0,167) y la significación (0,168), lo que indica que no existe correlación lineal entre ambas variables.

Correlations			
		VISUAL	Vis
VISUAL	Pearson Correlation	1,000	-,167
	Sig. (2-tailed)		,168
	N	70,000	70
Vis	Pearson Correlation	-,167	1,000
	Sig. (2-tailed)	,168	
	N	70	70,000

Tabla 72: Correlación entre las contribuciones visuales de las PDC y el Sway Star.

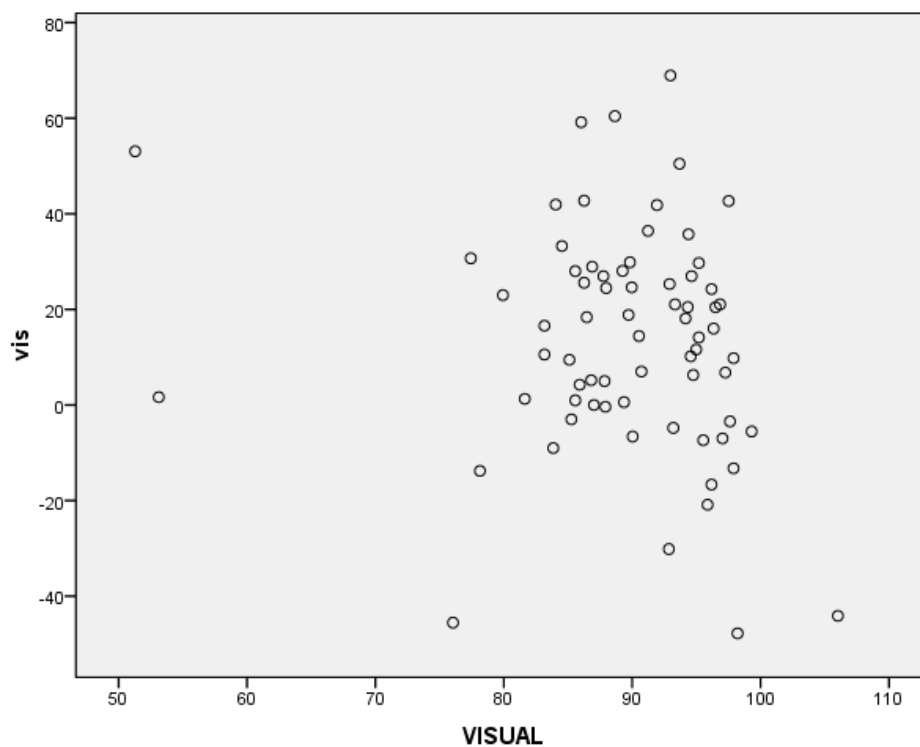


Figura 81: Representación gráfica de la correlación entre la contribución visual del la PDC y el Sway Star.

b) Contribución somatosensorial:

Al igual que en el apartado anterior, analizaremos la posible correlación entre la contribución somatosensorial ofrecida por la posturografía dinámica computerizada (SOMAT) y la otorgada por el Sway Star (Som). En la tabla 73 podemos ver el coeficiente de correlación de Pearson (0,165) y la significación (0,176), lo que indica que no existe una relación lineal.

Correlations			
		SOMAT	Som
SOMAT	Pearson Correlation	1,000	,165
	Sig. (2-tailed)		,176
	N	69,000	69
som	Pearson Correlation	,165	1,000
	Sig. (2-tailed)	,176	
	N	69	69,000
Tabla 73: Correlación entre las contribuciones somatosensorial de la PDC y del Sway Star.			

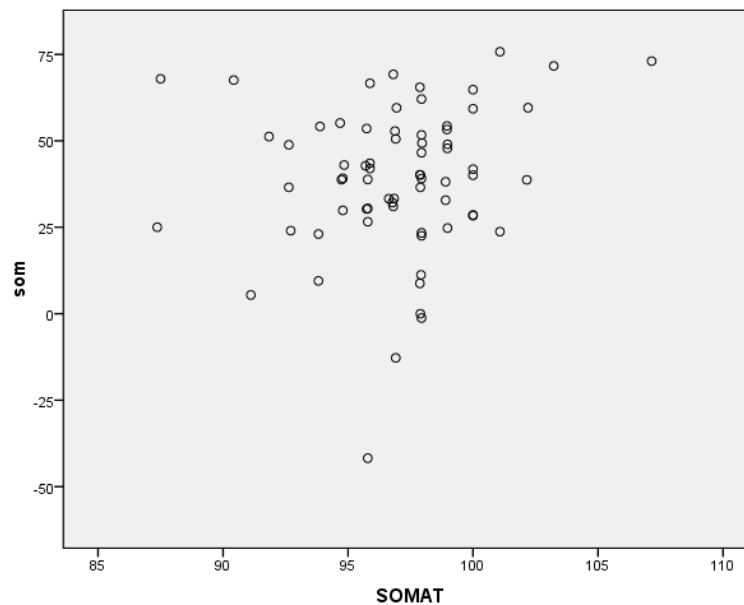


Figura 82: Representación gráfica de la correlación entre la contribución somatosensorial del la PDC y el Sway Star.

c) Contribución vestibular:

Al igual que en los dos casos anteriores, analizaremos la posible correlación entre la contribución vestibular ofrecida por la posturografía dinámica computerizada (VESTIBUL) y la otorgada por el Sway Star (vest&oth). En la tabla 74 podemos ver el coeficiente de correlación de Pearson (0,171) y la significación (0,158), lo que indica que no existe relación lineal.

Correlations			
		VESTIBUL	vest&oth
VESTIBUL	Pearson Correlation	1,000	,171
	Sig. (2-tailed)		,158
	N	70,000	70
vest&oth	Pearson Correlation	,171	1,000
	Sig. (2-tailed)	,158	
	N	70	70,000

Tabla 74: correlación entre las contribuciones vestibular de la PDC y del Sway Star.

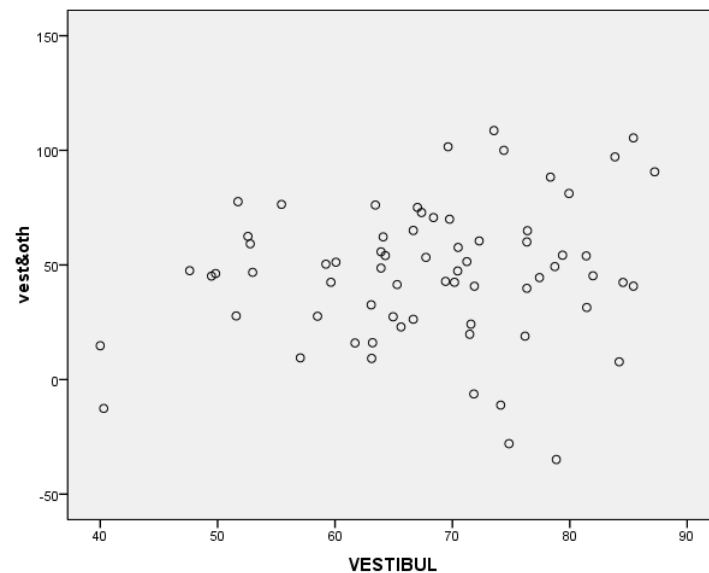


Figura 83: Representación gráfica de la correlación entre la contribución vestibular de la PDC y el Sway Star.

4.1.3 Correlaciones entre condiciones y pruebas.

A continuación, de nuevo aplicando el test de correlación de Pearson, analizaremos las posibles correlaciones que pudiesen existir entre porcentaje de equilibrio de las condiciones 1, 2, 4 y 5 del *test de organización sensorial* de la posturografía dinámica computerizada, con el ángulo de inclinación del tronco (inclinación y balanceo), y con la velocidad angular del tronco (inclinación y balanceo) proporcionadas por el Sway Star en las pruebas, “estático de pie sobre dos piernas con ojos abiertos sobre superficie normal” (s2eo), “estático de pie sobre dos piernas con ojos cerrados sobre superficie normal” (s2ec), “estático de pie sobre dos piernas con ojos abiertos sobre superficie de espuma” (s2eof) y “estático de pie sobre dos piernas con ojos cerrados sobre superficie de espuma” (s2ecf).

a) Romberg con ojos abiertos en superficie normal.

En la tabla 75, observamos los resultados de la aplicación del test de correlación de Pearson entre los resultados de la posturografía dinámica (porcentaje de equilibrio: COND1) y los cuatro valores obtenidos en el Sway Star, ángulo de inclinación (AI1), ángulo de balanceo (AB1), velocidad de inclinación (VI1) y velocidad de balanceo (VB1) al realizar la prueba “estático de pie sobre dos piernas con ojos abiertos sobre superficie normal” (s2eo). En lo que respecta a este análisis no hemos encontrado correlación significativa.

Sí encontramos correlación entre las distintas variables del Sway Star; en este caso, el coeficiente de correlación es positivo, lo que implica que cuando aumenta alguna de estas variables, las demás también siguen esta tendencia.

		COND 1	AI1	AB1	VI1	VB1
COND 1	Pearson Correlation	1,000	-,074	,045	,007	,045
	Sig. (2-tailed)		,543	,712	,956	,709
	N	70,000	70	70	70	70
AI1	Pearson Correlation	-,074	1,000	,497**	,612**	,442**
	Sig. (2-tailed)	,543		,000	,000	,000
	N	70	70,000	70	70	70
AB1	Pearson Correlation	,045	,497**	1,000	,613**	,598**
	Sig. (2-tailed)	,712	,000		,000	,000
	N	70	70	70,000	70	70
VI1	Pearson Correlation	,007	,612**	,613**	1,000	,826**
	Sig. (2-tailed)	,956	,000	,000		,000
	N	70	70	70	70,000	70
VB1	Pearson Correlation	,045	,442**	,598**	,826**	1,000
	Sig. (2-tailed)	,709	,000	,000	,000	
	N	70	70	70	70	70,000
Tabla 75: Correlación entre los resultados de la cond 1 (PDC) y s2eo (Sway Star). ** La correlación es estadísticamente significativa a un nivel de significación de 0.01. * La correlación es estadísticamente significativa a un nivel de significación de 0.05.						

b) Romberg con ojos cerrados en superficie normal.

En este caso buscamos la correlación entre el porcentaje de equilibrio de la condición 2 de la posturografía y las variables de la prueba “estático de pie sobre dos piernas con ojos cerrados sobre superficie normal” (s2ec) del Sway Star. Encontramos **correlación** entre el **porcentaje de equilibrio** (COND2) y el **ángulo de inclinación del tronco** (AI2) con una significación de 0.031. Como podemos observar en la tabla 76, el coeficiente de correlación para dicha comparación es negativo, lo que significa que a mayor porcentaje de equilibrio, menor ángulo de inclinación. En lo que respecta a las variables del Sway Star, la correlación lineal es estadísticamente significativa para todas las correlaciones, siendo el coeficiente de correlación positivo para todas ellas. Es decir, cuando aumenta alguna de estas variables, las demás también siguen esta tendencia.

		COND 2	AI2	AB2	VI2	VB2
COND 2	Pearson Correlation	1,000	-,258	-,137	-,082	-,088
	Sig. (2-tailed)		,031	,259	,497	,469
	N	70,000	70	70	70	70
AI2	Pearson Correlation	-,258	1,000	,747**	,834**	,751**
	Sig. (2-tailed)	,031		,000	,000	,000
	N	70	70,000	70	70	70
AB2	Pearson Correlation	-,137	,747**	1,000	,730**	,835**
	Sig. (2-tailed)	,259	,000		,000	,000
	N	70	70	70,000	70	70
VI2	Pearson Correlation	-,082	,834**	,730**	1,000	,907**
	Sig. (2-tailed)	,497	,000	,000		,000
	N	70	70	70	70,000	70
VB2	Pearson Correlation	-,088	,751**	,835**	,907**	1,000
	Sig. (2-tailed)	,469	,000	,000	,000	
	N	70	70	70	70	70,000

Tabla 76: Correlación entre los resultados de la cond 2 (PDC) y s2ec (Sway Star).
 ** La correlación es estadísticamente significativa a un nivel de significación de 0.01.
 * La correlación es estadísticamente significativa a un nivel de significación de 0.05.

c) Romberg con ojos abiertos superficie móvil/espuma.

Al comparar el **porcentaje de equilibrio** de la condición 4, con las cuatro variables de la prueba “estático de pie sobre dos piernas con los ojos abiertos sobre superficie de espuma” (s2eof), nos encontramos que la correlación lineal es estadísticamente significativa para el **ángulo de inclinación** (AI4) ($p=0,004$), **ángulo de balanceo** (AB4) ($p=0,000$) y **velocidad de balanceo** (VB4) ($p=0,028$); como en las condiciones anteriores el coeficiente de correlación es inverso, lo que supone que a mayor porcentaje de equilibrio, menor ángulo de inclinación y balanceo y menor velocidad de balanceo.

En lo que respecta a las variables del Sway Star encontramos correlación lineal estadísticamente significativa entre todas las variables, siendo esta correlación directa.

		COND 4	AI4	AB4	VI4	VB4
COND 4	Pearson Correlation	1,000	-,336*	-,427*	-,065	-,263*
	Sig. (2-tailed)		,004	,000	,592	,028
	N	70,000	70	70	70	70
AI4	Pearson Correlation	-,336*	1,000	,650**	,618**	,670**
	Sig. (2-tailed)	,004		,000	,000	,000
	N	70	70,000	70	70	70
AB4	Pearson Correlation	-,427*	,650**	1,000	,536**	,815**
	Sig. (2-tailed)	,000	,000		,000	,000
	N	70	70	70,000	70	70
VI4	Pearson Correlation	-,065	,618**	,536**	1,000	,656**
	Sig. (2-tailed)	,592	,000	,000		,000
	N	70	70	70	70,000	70
VB4	Pearson Correlation	-,263*	,670**	,815**	,656**	1,000
	Sig. (2-tailed)	,028	,000	,000	,000	
	N	70	70	70	70	70,000

Tabla 77: Correlación entre los resultados de la cond 4 (PDC) y s2eof (Sway Star).

**La correlación es estadísticamente significativa a un nivel de significación de 0.01

* La correlación es estadísticamente significativa a un nivel de significación de 0.05

d) Romberg con ojos cerrados superficie móvil/espuma.

Buscamos la correlación entre el porcentaje de equilibrio de la condición 5 de la posturografía y las variables de la prueba “estático de pie sobre dos piernas con ojos cerrados sobre superficie de espuma” (s2ecf) del Sway Star. En este caso no encontramos correlación lineal estadísticamente significativa. En lo que respecta a las variables del Sway Star, la correlación lineal es significativa para todas las correlaciones, siendo el coeficiente de correlación positivo para todas ellas: cuando aumenta alguna de estas variables, las demás también siguen esta tendencia.

		COND 5	AI5	AB5	VI5	VB5
COND 5	Pearson Correlation	1,000	,032	-,187	,048	-,097
	Sig. (2-tailed)		,790	,122	,693	,425
	N	70,000	70	70	70	70
AI5	Pearson Correlation	,032	1,000	,653**	,899**	,765**
	Sig. (2-tailed)	,790		,000	,000	,000
	N	70	70,000	70	70	70
AB5	Pearson Correlation	-,187	,653**	1,000	,588**	,839**
	Sig. (2-tailed)	,122	,000		,000	,000
	N	70	70	70,000	70	70
VI5	Pearson Correlation	,048	,899**	,588**	1,000	,752**
	Sig. (2-tailed)	,693	,000	,000		,000
	N	70	70	70	70,000	70
VB5	Pearson Correlation	-,097	,765**	,839**	,752**	1,000
	Sig. (2-tailed)	,425	,000	,000	,000	
	N	70	70	70	70	70,000
Tabla 78: correlación entre los resultados de la cond 5 (PDC) y s2ecf (Sway Star) **La correlación es estadísticamente significativa a un nivel de significación de 0.01 * La correlación es estadísticamente significativa a un nivel de significación de 0.05						

4.1.4 Comparación de resultados del test de organización sensorial al realizarlo sin y con Sway Star.

Dado que hemos realizado el *test de organización sensorial* en dos ocasiones a un mismo paciente, uno portando el arnés y otro portando el Sway Star nos ha parecido interesante la comparación de los resultados de los mismos. Por un lado, los porcentajes de equilibrio para cada una de las seis condiciones y el porcentaje medio (*Composite*), y por otro, el análisis sensorial.

En este caso, hemos utilizado un test para muestras apareadas, ya que estamos comparando resultados de dos pruebas distintas, pero en los mismos individuos. El estadístico de contrastes sigue siendo una T de Student, pero ahora consideramos el test de rangos de Wilcoxon.

En esta tabla 79 se muestran los estadísticos descriptivos (media, desviación típica y error estándar de la media), para cada uno de los pares de variables comparados. Denominamos COND al porcentaje de equilibrio obtenido en la realización de la primer *test de organización sensorial* y CONDSS al porcentaje de equilibrio obtenido en el SOT al realizarlo portando el Sway Star; empleando la misma nomenclatura para el análisis sensorial.

Paired Samples Statistics				
		Media	Desviación Típica	Error estándar de la media
Pair 1	COND 1	94,70	3,661	,438
	COND 1SS	94,557	2,6520	,3170
Pair 2	COND 2	92,09	3,225	,385
	COND 2SS	90,571	8,2998	,9920
Pair 3	COND 3	92,44	3,195	,382
	COND 3SS	92,014	3,4953	,4178
Pair 4	COND 4	84,724	8,4543	1,0105
	COND 4SS	83,814	10,1842	1,2172
Pair 5	COND 5	64,357	10,8554	1,2975
	COND 5SS	64,157	14,6095	1,7462
Pair 6	COND 6	70,095	11,8329	1,4143
	COND 6SS	63,700	15,5948	1,8639
Pair 7	COMPOSITE	79,857	5,6704	,6777
	COMPOSITESS	77,257	6,4554	,7716
Pair 8	SOMAT	97,367	4,8001	,5737
	SOMATSS	95,858	8,8429	1,0569
Pair 9	VISUAL	89,506	8,6812	1,0376
	VISUALSS	88,694	10,8485	1,2966
Pair 10	VESTIBUL	67,929	10,9253	1,3058
	VESTIBULSS	67,954	15,8698	1,8968
Pair 11	CONFLICTO	104,453	8,5338	1,0200
	CONFLICTOSS	101,863	15,7143	1,8782
Tabla 79: Estadísticos descriptivos para los pares de variables comparadas.				

En la tabla 80 se muestran los resultados del contraste. Al igual que en los análisis anteriores, se hace la diferencia de medias y se construye un intervalo de

confianza. Observando la significación (última columna), vemos que existen diferencias significativas para el par 6 (**condición 6**) con una significación estadística de $p=0,000$ y para el par 7 (**composite**) con un valor de $p=0,001$.

Paired Samples Test									
		Paired Differences							
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference		t	df	Sig. (2-tailed)
					Lower	Upper			
Pair 1	COND 1 – COND 1SS	,1429	3,7544	,4487	-,7523	1,0381	,318	69	,751
Pair 2	COND 2 – COND 2SS	1,5143	8,7190	1,0421	-,5647	3,5933	1,453	69	,151
Pair 3	COND 3 – COND 3SS	,4286	3,8247	,4571	-,4834	1,3405	,938	69	,352
Pair 4	COND 4 – COND 4SS	,9095	8,6763	1,0370	-1,1593	2,9783	,877	69	,383
Pair 5	COND 5 – COND 5SS	,2000	16,3884	1,9588	-3,7077	4,1077	,102	69	,919
Pair 6	COND 6 – COND 6SS	6,7960	14,4874	1,7699	3,2623	10,3298	3,840	66	,000
Pair 7	COMPOSITE – COMPOSITESS	2,4030	5,8389	,7133	,9788	3,8272	3,369	66	,001
Pair 8	SOMAT – SOMATSS	1,5091	9,9027	1,1836	-,8522	3,8703	1,275	69	,207
Pair 9	VISUAL – VISUALSS	,8118	10,3534	1,2375	-1,6569	3,2805	,656	69	,514
Pair 10	VESTIBUL – VESTIBULSS	-,0255	18,1506	2,1694	-4,3534	4,3024	-,012	69	,991
Pair 11	CONFLICTO – CONFLICTOSS	2,5897	19,1852	2,2931	-1,9848	7,1643	1,129	69	,263
Tabla 80: Contraste para medidas repetidas.									

Si nos fijamos en la tabla de los estadísticos descriptivos, observamos como la media de porcentaje de equilibrio en la condición 6 sin portar el Sway Star era de un 70,095%, mientras que portándolo disminuía hasta un 63,7%, siendo estos valores estadísticamente diferentes; lo mismo ocurre con el *composite*, mientras que sin el Sway Star la media porcentaje medio es del

79,857%, portando el Sway Star disminuye al 77,257%, siendo esta diferencia también significativa.

4.2 Correlaciones del registro simultáneo.

Como en el apartado previo, y dado que hemos realizado un registro simultáneo con ambos sistemas posturográficos, en este apartado mostraremos los resultados de la comparación entre el porcentaje de equilibrio de cada una de las condiciones del *test de organización sensorial* de la posturografía dinámica computerizada con el ángulo de inclinación del tronco (inclinación y balanceo), y con la velocidad angular del tronco (inclinación y balanceo) proporcionadas por el Sway Star.

4.2.1 Condición 1.

Como podemos observar en la tabla 81, en este caso encontramos una correlación lineal estadísticamente significativa entre los resultados de la posturografía dinámica (**porcentaje de equilibrio: COND1**) y los cuatro valores obtenidos en el Sway Star, **ángulo de inclinación (AI1)** ($p=0,000$), **ángulo de balanceo (AB1)** ($p=0,007$), **velocidad de inclinación (VI1)** ($p=0,009$) y **velocidad de balanceo (VB1)** ($p=0,034$). Cabe destacar que el coeficiente de correlación de Pearson para dicha comparación es **negativo**, lo que indica que la relación es inversa y, por lo tanto, a mayor porcentaje de equilibrio, menor ángulo y menor velocidad angular, tanto de inclinación como de balanceo.

Además, también observamos una correlación lineal estadísticamente significativa entre las distintas variables del Sway Star. En este caso, el

coeficiente de correlación es positivo, lo que implica que cuando aumenta alguna de estas variables, las demás también siguen esta tendencia.

		COND 1	AI1	AB1	VI1	VB1
COND 1	Pearson Correlation	1,000	-,464**	-,321**	-,312**	-,254*
	Sig. (2-tailed)		,000	,007	,009	,034
	N	70,000	70	70	70	70
AI1	Pearson Correlation	-,464**	1,000	,656**	,731**	,488**
	Sig. (2-tailed)	,000		,000	,000	,000
	N	70	70,000	70	70	70
AB1	Pearson Correlation	-,321**	,656**	1,000	,681**	,898**
	Sig. (2-tailed)	,007	,000		,000	,000
	N	70	70	70,000	70	70
VI1	Pearson Correlation	-,312**	,731**	,681**	1,000	,655**
	Sig. (2-tailed)	,009	,000	,000		,000
	N	70	70	70	70,000	70
VB1	Pearson Correlation	-,254*	,488**	,898**	,655**	1,000
	Sig. (2-tailed)	,034	,000	,000	,000	
	N	70	70	70	70	70,000

Tabla 81: Correlación entre los resultados de la PDC y del Sway Star en la condición 1.
 ** La correlación es estadísticamente significativa a un nivel de significación de 0.01.
 * La correlación es estadísticamente significativa a un nivel de significación de 0.05.

4.2.2 Condición 2.

En la condición 2 sólo encontramos correlación lineal significativa entre el **porcentaje de equilibrio** (COND2) y el **ángulo de inclinación del tronco** (AI2), con una significación de 0,01. Al igual que en la condición 1, el coeficiente de correlación para dicha comparación también es negativo, por lo que a mayor porcentaje de equilibrio, menor ángulo de inclinación. En lo que respecta a las variables del Sway Star, la correlación lineal es estadísticamente significativa para todas las correlaciones, siendo el coeficiente de correlación positivo para todas ellas.

		COND 2	AI2	AB2	VI2	VB2
COND 2	Pearson Correlation	1,000	-,308**	-,166	-,207	-,208
	Sig. (2-tailed)		,000	,007	,009	,034
	N	70,000	70	70	70	70
AI2	Pearson Correlation	-,308**	1,000	,658**	,795**	,689**
	Sig. (2-tailed)	,010		,000	,000	,000
	N	70	70,000	70	70	70
AB2	Pearson Correlation	-,166	,658**	1,000	,725**	,740**
	Sig. (2-tailed)	,169	,000		,000	,000
	N	70	70	70,000	70	70
VI2	Pearson Correlation	-,207	,795**	,725**	1,000	,897**
	Sig. (2-tailed)	,086	,000	,000		,000
	N	70	70	70	70,000	70
VB2	Pearson Correlation	-,208	,4689**	,740**	,897**	1,000
	Sig. (2-tailed)	,085	,000	,000	,000	
	N	70	70	70	70	70,000

Tabla 82: Correlación entre los resultados de la PDC y del Sway Star en la condición 2.
 ** La correlación es estadísticamente significativa a un nivel de significación de 0.01.
 * La correlación es estadísticamente significativa a un nivel de significación de 0.05.

4.2.3 Condición 3.

En la condición 3, encontramos correlación lineal estadísticamente significativas para el **porcentaje de equilibrio** (COND3) y tres de los cuatro valores del Sway Star, **ángulo de inclinación** (AI3) ($p=0,000$), **ángulo de balanceo** (AB3) ($p=0,007$) y **velocidad de inclinación** (VI3) ($p=0,005$). La correlación, como en casos anteriores, es inversa; es decir, a mayor porcentaje de equilibrio, menor ángulo inclinación, balanceo y velocidad de inclinación. La velocidad de balanceo también es inversa, pero no alcanza la significación estadística.

En lo que respecta a las variables del Sway Star encontramos correlación lineal estadísticamente significativa entre ellas, salvo entre el ángulo de

inclinación (AI3) y la velocidad de balanceo (VB3); el coeficiente de correlación en estos casos es positivo, lo que implica una correlación directa entre ellas.

		COND 3	AI3	AB3	VI3	VB3
COND 3	Pearson Correlation	1,000	-,573**	-,321**	-,330**	-,157
	Sig. (2-tailed)		,000	,007	,005	,195
	N	70,000	70	70	70	70
AI3	Pearson Correlation	-,573**	1,000	,338**	,398**	,177
	Sig. (2-tailed)	,000		,004	,001	,143
	N	70	70,000	70	70	70
AB3	Pearson Correlation	-,321**	,338**	1,000	,281**	,588**
	Sig. (2-tailed)	,007	,004		,018	,000
	N	70	70	70,000	70	70
VI3	Pearson Correlation	-,330**	,398**	,281**	1,000	,583**
	Sig. (2-tailed)	,005	,001	,018		,000
	N	70	70	70	70,000	70
VB3	Pearson Correlation	-,157	,177	,588**	,583**	1,000
	Sig. (2-tailed)	,195	,143	,000	,000	
	N	70	70	70	70	70,000

Tabla 83: Correlación entre los resultados de la PDC y del Sway Star en la condición 3.
 ** La correlación es estadísticamente significativa a un nivel de significación de 0.01.
 * La correlación es estadísticamente significativa a un nivel de significación de 0.05.

4.2.4 Condición 4.

En la condición 4, la correlación lineal es estadísticamente significativa entre el **porcentaje de equilibrio** (COND4) y todas las variables del Sway Star: **ángulo de inclinación** (AI4) ($p=0,000$), **ángulo de balanceo** (AB4) ($p=0,001$), **velocidad de inclinación** (VI4) ($p=0,000$) y **velocidad de balanceo** (VB4) ($p=0,041$). Como en las condiciones anteriores, el coeficiente de correlación es inverso.

En lo que respecta a las variables del Sway Star encontramos correlación lineal estadísticamente significativa entre todas las variables, siendo esta correlación directa.

		COND 4	AI4	AB4	VI4	VB4
COND 4	Pearson Correlation	1,000	-,818**	-,382**	-,458**	-,246*
	Sig. (2-tailed)		,000	,001	,000	,041
	N	70,000	70	70	70	70
AI4	Pearson Correlation	-,818**	1,000	,513**	,684**	,320**
	Sig. (2-tailed)	,000		,000	,000	,007
	N	70	70,000	70	70	70
AB4	Pearson Correlation	-,382**	,513**	1,000	,622**	,770**
	Sig. (2-tailed)	,001	,000		,000	,000
	N	70	70	70,000	70	70
VI4	Pearson Correlation	-,458**	,684**	,622**	1,000	,609**
	Sig. (2-tailed)	,000	,000	,000		,000
	N	70	70	70	70,000	70
VB4	Pearson Correlation	-,246*	,320**	,770**	,609**	1,000
	Sig. (2-tailed)	,041	,007	,000	,000	
	N	70	70	70	70	70,000

Tabla 84: Correlación entre los resultados de la PDC y del Sway Star en la condición 4.
 ** La correlación es estadísticamente significativa a un nivel de significación de 0.01.
 * La correlación es estadísticamente significativa a un nivel de significación de 0.05.

4.2.5 Condición 5.

En la condición 5 existe una de correlación lineal estadísticamente significativa entre el **porcentaje de equilibrio** (COND5) y los cuatro valores obtenidos en el Sway Star: **ángulo de inclinación** (AI5) ($p=0,000$), **ángulo de balanceo** (AB5) ($p=0,001$), **velocidad de inclinación** (VI5) ($p=0,000$) y **velocidad de balanceo** (VB5) ($p=0,001$). Como en los casos anteriores, a mayor porcentaje de equilibrio, menor ángulo y velocidad angular, dado que el coeficiente de correlación es inverso.

Además también observamos una correlación lineal estadísticamente significativa entre las distintas variables del Sway Star, siendo esta correlación directa.

		COND 5	AI5	AB5	VI5	VB5
COND 5	Pearson Correlation	1,000	-,724**	-,389**	-,418**	-,395**
	Sig. (2-tailed)		,000	,001	,000	,001
	N	70,000	70	70	70	70
AI5	Pearson Correlation	-,724**	1,000	,613**	,774**	,677**
	Sig. (2-tailed)	,000		,000	,000	,000
	N	70	70,000	70	70	70
AB5	Pearson Correlation	-,389**	,613**	1,000	,763**	,783**
	Sig. (2-tailed)	,001	,000		,000	,000
	N	70	70	70,000	70	70
VI5	Pearson Correlation	-,418**	,778**	,763**	1,000	,902**
	Sig. (2-tailed)	,000	,001	,000		,000
	N	70	70	70	70,000	70
VB5	Pearson Correlation	-,395**	,677**	,783**	,902**	1,000
	Sig. (2-tailed)	,001	,143	,000	,000	
	N	70	70	70	70	70,000

Tabla 85: Correlación entre los resultados de la PDC y del Sway Star en la condición 5.
 ** La correlación es estadísticamente significativa a un nivel de significación de 0.01.
 * La correlación es estadísticamente significativa a un nivel de significación de 0.05.

4.2.6 Condición 6.

Para la condición 6 también observamos la existencia de correlación lineal estadísticamente significativa entre el **porcentaje de equilibrio** (COND6) y los cuatro valores obtenidos en el Sway Star: **ángulo de inclinación** (AI6) ($p=0,000$), **ángulo de balanceo** (AB6) ($p=0,000$), **velocidad de inclinación** (VI6) ($p=0,000$) y **velocidad de balanceo** (VB6) ($p=0,002$). Como en los casos anteriores, la correlación es inversa, al contrario de lo que pasa al correlacionar las variables del

Sway Star entre sí. En este caso, se obtiene una correlación lineal directa estadísticamente significativa entre las variables.

		COND 6	AI6	AB6	VI6	VB6
COND 6	Pearson Correlation	1,000	-,744**	-,627**	-,607**	-,361**
	Sig. (2-tailed)		,000	,000	,000	,002
	N	70,000	70	70	70	70
AI6	Pearson Correlation	-,744**	1,000	,774**	,803**	,696**
	Sig. (2-tailed)	,000		,000	,000	,000
	N	70	70,000	70	70	70
AB6	Pearson Correlation	-,627**	,744**	1,000	,729**	,559**
	Sig. (2-tailed)	,001	,000		,000	,000
	N	70	70	70,000	70	70
VI6	Pearson Correlation	-,607**	,803**	,729**	1,000	,700**
	Sig. (2-tailed)	,000	,001	,000		,000
	N	70	70	70	70,000	70
VB6	Pearson Correlation	-,361**	,696**	,559**	,700**	1,000
	Sig. (2-tailed)	,002	,000	,000	,000	
	N	70	70	70	70	70,000
Tabla 86: Correlación entre los resultados de la PDC y del Sway Star en la condición 6. ** La correlación es estadísticamente significativa a un nivel de significación de 0.01. * La correlación es estadísticamente significativa a un nivel de significación de 0.05.						

Discusión

Como ya se ha expuesto en la Introducción de esta tesis, tanto la posturografía dinámica computerizada como el sistema Sway Star son dos técnicas que permiten analizar el equilibrio de los sujetos, la adaptación a cambios posturales y la utilización de las distintas informaciones sensoriales que contribuyen a estabilizar el centro de gravedad. Con este trabajo, ya que no se había hecho antes, pretendíamos comparar los resultados de una y otra prueba en una población normal, así como presentar unos patrones de normalidad para el sistema Sway Star. Comentaremos a continuación los diferentes resultados obtenidos, confrontándolos con lo publicado hasta el momento sobre el tema.

Para el desarrollo de este capítulo seguiremos un esquema similar al empleado para presentar los resultados, haciendo especial hincapié en aquellos hallazgos más llamativos.

1. Posturografía dinámica computerizada.

1.1 Comentarios sobre los resultados del test de organización sensorial.

1.1.1 Porcentaje de equilibrio.

En lo que respecta al porcentaje de equilibrio, como cabría esperar, las puntuaciones obtenidas en las distintas condiciones del *test de organización sensorial* en sujetos normales van disminuyendo a medida que aumenta la dificultad sensorial de los registros (2, 114, 109). Trabajos como el de Ferber-Viart y colaboradores (112) afirman que estas diferencias son más acusadas para los niños, sobre todo cuando se suprime el estímulo visual o éste es erróneo. Nosotros no hemos encontrado estas diferencias o, por lo menos, no de manera

significativa; esto puede deberse a que nuestra muestra no es comparable con la de estos autores, para esta franja de edad.

En nuestro estudio, las peores puntuaciones, tanto para la población total, como para varones y mujeres por separado, se obtienen en la condición 5 (ojos cerrados y plataforma móvil). Este hecho, como podemos observar en la siguiente figura, coincide con otros estudios españoles, como el publicado por Oliva y colaboradores en 2005 (118). Pero difiere, no obstante, de otros extranjeros, como el de Hirabayashi y cols de 1995 (114), en el que la peor puntuación se obtiene en la condición 6.

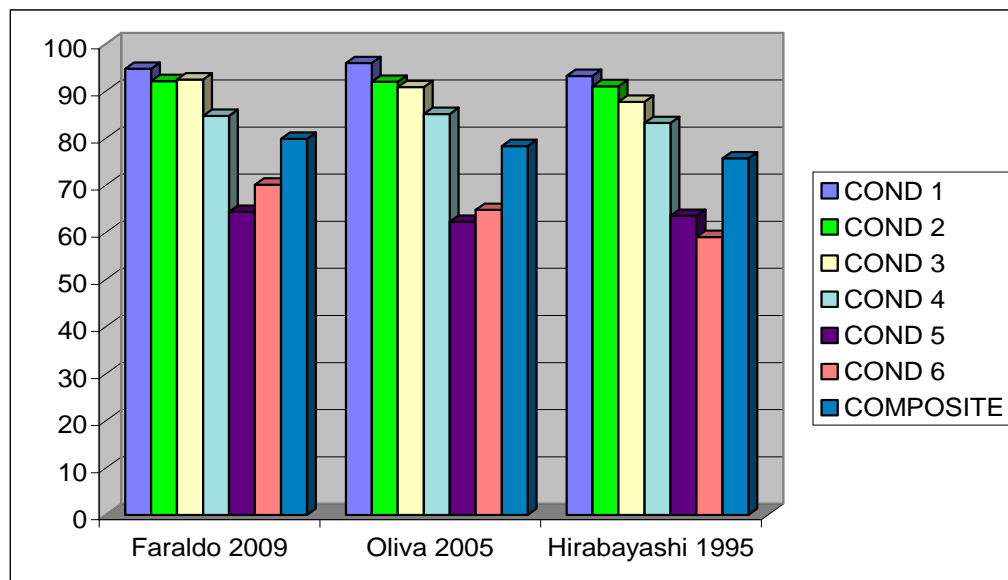


Figura 84: Comparación entre los resultados medios del test de organización sensorial en tres poblaciones distintas.

En cuanto a la influencia de la edad, cabría esperar unas peores puntuaciones a medida que los sujetos estudiados van siendo más mayores. Sin embargo, esto sólo es cierto (con significación estadística) en la condición 4 (ojos abiertos, plataforma móvil, entorno visual fijo), estando la condición 5 en el límite de la significación. Podría deducirse de esto que la eficiencia en la capacidad de mantener el equilibrio, en sujetos sanos, no disminuye con la edad, o al menos que

su disminución no es estadísticamente significativa. Tal vez, el lógico y esperable deterioro de los sistemas sensoriales se compense con un entrenamiento de años y una capacidad de adaptación a situaciones sensorialmente difíciles. Sin embargo, al referirnos a situaciones especialmente complejas desde el punto de vista sensorial (como son las condiciones 4 y 5, con anulación de uno o de dos sistemas de información) (113), estos mecanismos aprendidos y entrenados con la edad parecen ser menos eficaces (9); de ahí la disminución en la utilización de la información vestibular a medida que aumenta la edad (ver figura 57, página 128). Este mismo aspecto se discutirá más en detalle en otro punto de esta discusión, analizando las posibles causas de este fenómeno.

Un aspecto llamativo son las diferencias halladas (significativas desde el punto de vista estadístico) para las condiciones 1 y 3 entre los varones y las mujeres. En concreto, en la condición 1 del test de organización sensorial (ojos abiertos, superficie fija y entorno fijo), los varones obtienen mejores puntuaciones que las mujeres (ver figura 46, página 111); por el contrario, en la condición 3 (ojos abiertos, superficie fija y entorno visual móvil), son las mujeres las que obtienen mayor puntuación (ver figura 47, página 112). Este hecho, puede ser debido, como comentaremos en detalle más adelante, al empleo de zapatos de tacón por una proporción importante de mujeres. Otros estudios también se observan diferencias significativas entre ambos sexos. Matheson y cols, en una publicación de 1998 (9), afirman que los varones ancianos presentan un peor control postural que las mujeres en las condiciones de conflicto visual y vestibular, sin encontrar una causa precisa que justifique este hecho. Hirabayashi y cols (114) destacan estas diferencias entre sexos para la condición 5 (ojos cerrados y plataforma móvil), en niños de 7 y 8 años, justificando este hecho en

que la función vestibular tiene un desarrollo tardío, pudiendo ser este desarrollo más lento en los varones.

1.1.2 Análisis de la estrategia.

En cuanto al análisis de las estrategias, un mayor uso de la estrategia de cadera con respecto a la de tobillo no implica un empeoramiento en la capacidad para mantener el equilibrio. Siempre que la estrategia empleada (tobillo o cadera) sea eficiente para estabilizar el centro de gravedad, la actuación es correcta. Lo ineficiente sería emplear sólo la estrategia de tobillo y que esto no fuese suficiente para mantenerse estable; de hecho, parte de la tarea en algunos protocolos de rehabilitación vestibular consiste en enseñar al paciente a emplear la estrategia de cadera (menos delicada en cuanto a su realización que la de tobillo, pero también más eficaz) para no caerse.

De manera global, podemos destacar en nuestro estudio la mayor utilización de la estrategia de tobillo que de la estrategia de cadera en personas sanas. Esto concuerda con el trabajo publicado por Karlsson y cols (158) o Baydal-Bertomeu y cols (2). En personas sanas, para la corrección de pequeñas desviaciones del centro de presiones en bipedestación, es suficiente la utilización de la estrategia de tobillo, mientras que para correcciones más importantes se requiere una mayor demanda de la estrategia de cadera.

Al igual que en el porcentaje de equilibrio, encontramos que las puntuaciones más bajas (lo que implica menor estrategia de tobillo y mayor estrategia de cadera) corresponden a la condición 5 (ojos cerrados y plataforma móvil). Esto es lógico, ya que es en las condiciones sensorialmente más difíciles

en las que más se desestabiliza el centro de gravedad y, por tanto, es necesario emplear estrategias como la de cadera (99).

En lo que respecta al análisis por sexo, existen diferencias para la condición 4 (ojos abiertos, entorno visual fijo y plataforma móvil), siendo las mujeres las que emplean mayor estrategia de tobillo. Una posible explicación para este hecho podría ser el empleo de zapatos de tacón (figura 85). El uso de este tipo de calzado implica una disminución de la superficie de apoyo corporal. El organismo debe habituarse a esta situación para evitar las caídas y lo consigue a través de la estabilización de la articulación del tobillo. La exposición a dicha situación a lo largo de los años supone un entrenamiento en el manejo de la estrategia de tobillo, entrenamiento, del que por razones obvias, carecen los varones.



Figura 85: Empleo de tacones (159).

Al hacer el análisis por grupos de edad, observamos diferencias para las estrategias de la condición 3 y 4, disminuyendo el porcentaje con el paso de los años o, lo que es lo mismo, un aumento del empleo de la estrategia de cadera.

Esto puede deberse a que al aumentar la edad, disminuye la flexibilidad y la fuerza en la articulación del tobillo. Por ello, es preciso poner en marcha mecanismos menos delicados (como los movimientos de la cadera) para conseguir el mantenimiento de la postura estática y de este modo evitar las caídas. Este hecho coincide con el comunicado en otras publicaciones, como la de Amiridis y cols, en 2003 (122).

1.2 Comentarios sobre los límites de estabilidad.

Como mencionamos con anterioridad en esta tesis, la prueba del análisis de los límites de estabilidad cuantifica las características del movimiento asociadas a la habilidad que posee el paciente para variar voluntariamente su posición espacial y mantener la estabilidad en dicha posición. La medida consta de ocho pruebas que consisten en que el paciente intente desplazar su centro de gravedad hacia cada una de las dianas que aparecen en la pantalla (figura 83). El movimiento que realiza el paciente se muestra en la pantalla mediante un pictograma, lo cual permite que exista retroalimentación (feed-back) visual.

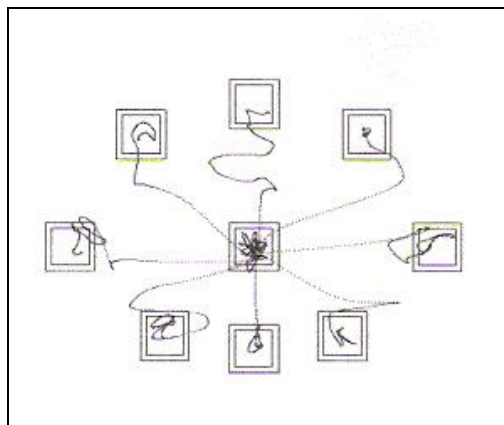


Figura 86: Límites de estabilidad (registro propio).

1.2.1 Tiempo de reacción.

En lo que respecta al tiempo de reacción observamos como aumenta con la edad (ver figuras 63 y 64, páginas 136 y 137) siendo estas diferencias más acusadas a partir de los 40 años (2). Consideramos que este hecho no es más que una manifestación del envejecimiento fisiológico del organismo y del enlentecimiento de los reflejos que este envejecimiento conlleva (160-162). Esta es una de las causas que explican las caídas frecuentes en el anciano, en quien no sólo hay una disminución de la flexibilidad en sus extremidades, sino también un aumento en el tiempo de reacción (y, por tanto, en el inicio de la corrección) ante desplazamientos del centro de gravedad (112).

Cabe destacar en este apartado, las diferencias encontradas entre varones y mujeres, observándose que los varones tardan menos en reaccionar. Estas diferencias corresponden principalmente al promedio del tiempo de reacción.

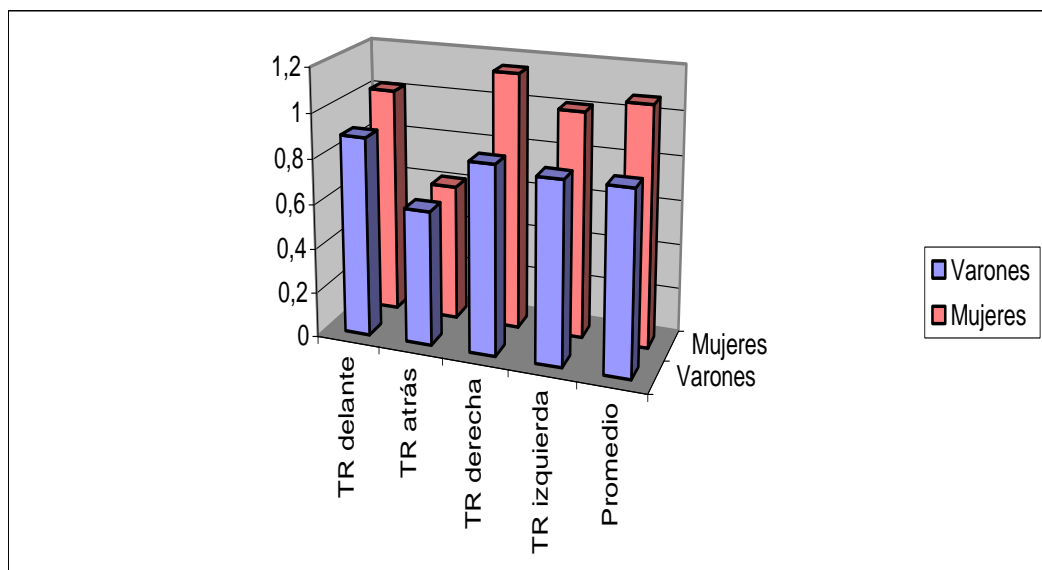


Figura 87: Representación gráfica de las diferencias en el tiempo de reacción entre varones y mujeres.

1.2.2 Velocidad de movimiento.

Al contrario que para el tiempo de reacción, la velocidad de movimiento disminuye con la edad (ver figura 66, página 140), siendo estas diferencias más acusadas a partir de los 60 años, sobre todo para la velocidad del movimiento hacia atrás. De nuevo creemos que este hecho también se justifica por el envejecimiento fisiológico del organismo y el enlentecimiento de los reflejos.

Al igual que en el apartado anterior, también evidenciamos diferencias entre varones y mujeres, observándose que los varones son más rápidos que las mujeres (figura 88). Estas diferencias corresponden principalmente a la velocidad del movimiento al desplazarse hacia atrás.

Posteriormente veremos si esta mayor rapidez (en la velocidad y tiempo de reacción) suponen una mayor eficacia.

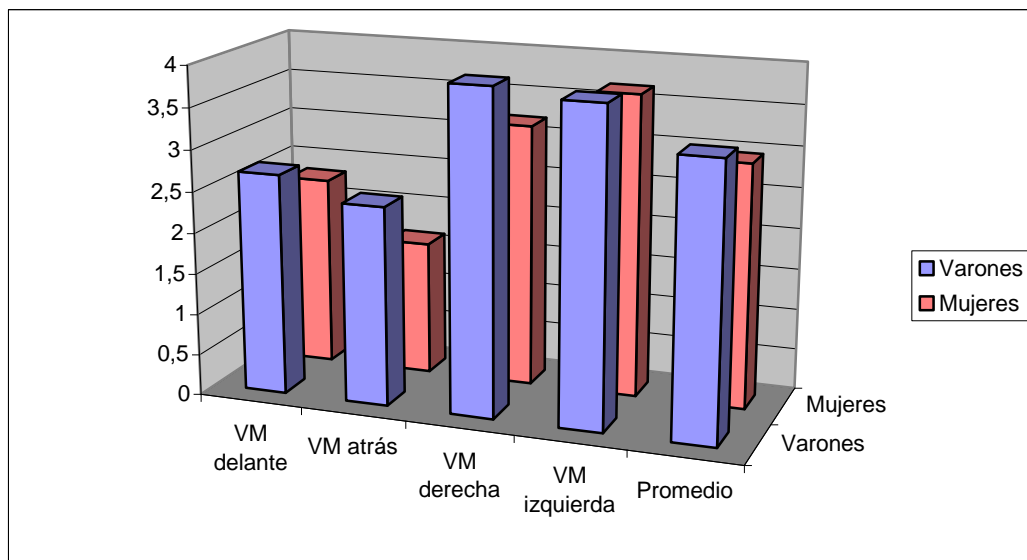


Figura 88: Representación gráfica de las diferencias en la velocidad de movimiento entre varones y mujeres.

1.2.3 Recorrido.

Como en los apartados anteriores, evidenciamos que con el paso de los años el recorrido va disminuyendo, siendo esto más significativo a partir de los 50 años. Esto, una vez más, está directamente relacionado con el envejecimiento.

A diferencia con los apartados previos, como vemos en la figura siguiente, no se encuentran diferencias por sexo. Esto respondería a la pregunta planteada previamente: la mayor celeridad de los varones en la realización de las pruebas no conduce a una mayor eficacia en los resultados. Pese al interés competitivo, no obtienen mejores puntuaciones que sus mujeres, ya que lo realmente importante es acertar al final del recorrido, no lo que se tarde en empezar ni lo rápido que se llegue.

Coincidiendo con otros autores (2), y como podemos observar en la siguiente figura, no se observaron diferencias entre las dianas situadas a la izquierda y a la derecha, debido a que los límites de estabilidad son simétricos en las personas sin patología del equilibrio. Hemos obtenido un mayor desplazamiento en la dirección medio-lateral que en la dirección antero-posterior. Esto creemos que puede ser debido a que en el estudio de los límites de estabilidad influye más la disposición de los pies, que actúan como base de apoyo, que el origen del movimiento, ya sea de tobillo o de cadera.

La dirección trasera es la más crítica en cuanto a desplazamiento máximo, ya que la zona de apoyo de los pies es menor.

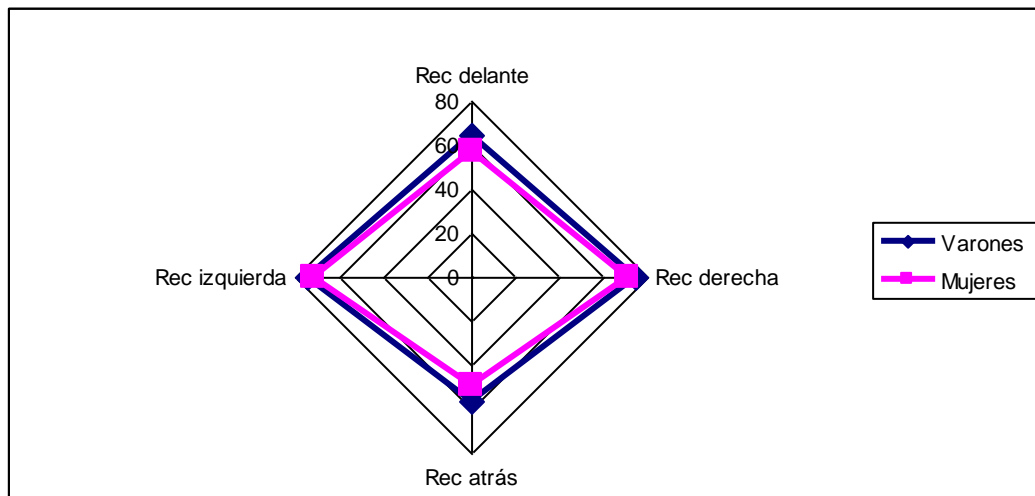


Figura 89: Representación gráfica del recorrido de los varones y mujeres.

1.2.4 Control direccional.

En lo que respecta al control direccional, también disminuye con la edad, sobre todo a partir de los 50 años, lo que es normal y previsible. Al igual que en lo referido para el recorrido, no se evidencian diferencias entre varones y mujeres. Esto pone de nuevo de manifiesto que los varones, a pesar de una mayor rapidez y un inicio más precoz, no consiguen un mejor control direccional.

2. Sway Star.

En este apartado comentaremos los resultados obtenidos mediante el sistema Sway Star. Como ya se ha explicado en detalle, se trata de un sistema de medición del equilibrio de aparición en el mercado relativamente reciente, comercializado en España a partir de 2003, que permite el análisis de una ingente cantidad de datos. Por ello no disponemos de referencias bibliográficas que permitan la comparación de todos los parámetros que se han medido en este trabajo. Uno de los motivos por lo que nos ha parecido interesante este proyecto

es el poder desarrollar un análisis que facilite el empleo de este nuevo sistema en la práctica clínica diaria. Con este fin, a continuación discutiremos sobre los resultados obtenidos en la opción de *resumen del control del balance* (BCS). Esta es la opción, a nuestro juicio, más asequible para el empleo del Sway Star de manera sistemática. Proporciona información completa de la capacidad postural del paciente en entornos de soporte y/o visuales complejos (136, 142). Esta información hace referencia a las desviaciones del tronco en los planos ántero-posterior y látero-lateral que, según diversos estudios publicados, no tienen la misma significación clínica. Por ejemplo, los déficits vestibulares y la ataxia espinocerebelosa afectan inicialmente al plano ántero-posterior (126, 128), mientras que los latigazos cervicales afectan al plano látero-lateral de pruebas complejas como subir y bajar las escaleras o la prueba de las barreras (139). Además, el estudio de las alteraciones del equilibrio en ambos planos, es la única metodología que nos va a permitir distinguir entre déficits del equilibrio originados en el sistema vestibular de los originados en el sistema propioceptivo (130).

El principal inconveniente para la discusión de este apartado en concreto, es la ausencia de estudios publicados hasta el momento actual, que hagan referencia a los valores obtenidos en el *resumen del control del balance*.

Como ya se mostró en el capítulo de Resultados, debemos recordar que en ninguno de los parámetros analizados por el Sway Star se encontraron diferencias estadísticamente significativas respecto al sexo. Por ello, los comentarios que haremos a continuación serán aplicables tanto para varones como para mujeres.

2.1 Comentarios sobre las pruebas estáticas o de postura.

Como ya se ha mencionado en los capítulos previos, las pruebas denominadas estáticas del Sway Star son aquellas que se llevan a cabo en posición de Romberg. Son las únicas que conceptualmente tendrían una equivalencia con las pruebas realizadas en las plataformas estabilométricas comercializadas. A pesar de que la plataforma diseñada y desarrollada por Nashner recibe el nombre de posturografía dinámica computerizada (por la movilidad de la plataforma), los sujetos sometidos al estudio se encuentran en posición estática.

Como en los comentarios del porcentaje de equilibrio del *test de organización sensorial* de la posturografía dinámica, en este caso tampoco podemos afirmar de forma general que el equilibrio empeora con la edad. Sólo encontramos diferencias entre los distintos grupos de edad en dos de las cinco pruebas. Como podemos ver en la siguiente figura, estas pruebas coinciden, como ocurría en el apartado 1.1, con las pruebas sensorialmente más complejas: “estático de pie, sobre las dos piernas con los ojos cerrados sobre una superficie de espuma” y “estático de pie sobre una pierna con los ojos abiertos superficie normal”. En ellas, como en la condición 4 y 5 del *test de organización sensorial*, se produce la anulación (o al menos reducción de la información) de uno o de dos sistemas sensoriales. En estas situaciones, los mecanismos aprendidos y entrenados con la edad parecen ser menos eficaces para conseguir un óptimo control del equilibrio (9).



a)



b)

Figura 90: a) Estático de pie sobre una pierna con los ojos abiertos, superficie normal. b) Estático de pie, sobre las dos piernas con los ojos cerrados sobre una superficie de espuma (imágenes propias).

Estas diferencias también se ponen de manifiesto en el trabajo publicado por Gill y cols en 2001 (6) (como vemos en la figura 91). Al igual que ellos, podemos afirmar que existe una mayor inestabilidad con la edad en las condiciones sensorialmente difíciles (6).

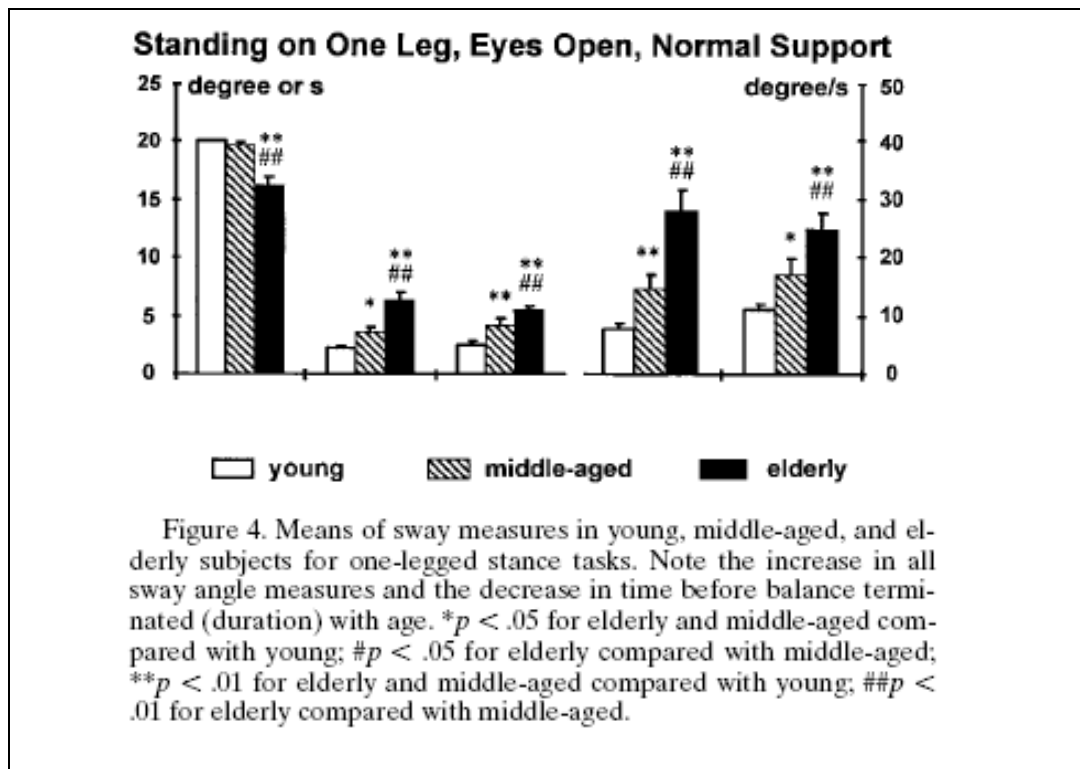


Figura 91: Representación gráfica de las diferencias por grupos de edad para la prueba “estático de pie sobre una pierna con los ojos abiertos superficie normal”. Tomado del estudio de Gill (6).

Estas diferencias, sin embargo, no son tan evidentes para las pruebas sensorialmente más sencillas: “posición estática de pie, ojos cerrados, superficie normal”, “posición estática de pie, ojos abiertos, superficie de apoyo de espuma” y “posición estática de pie, ojos abiertos, superficie normal”. En ellas, tal vez, el lógico y esperable deterioro de los sistemas sensoriales se compensa con un entrenamiento de años y una capacidad de adaptación a situaciones sensorialmente difíciles, aspecto éste que ya se ha desarrollado al referirnos a los resultados de la posturografía dinámica computerizada.

En el estudio publicado por Hegeman y cols en 2007 (16) encuentran diferencias, tanto para la prueba “estático de pie, sobre las dos piernas con los ojos

cerrados sobre una superficie de espuma” como para “posición estática de pie, ojos cerrados, superficie normal” entre sus tres grupos de edad.

Según un trabajo publicado por Allum y cols en 2001 (137), la pruebas “estático de pie, sobre las dos piernas con los ojos cerrados sobre una superficie de espuma” y “estático de pie, sobre las dos piernas con los ojos abiertos sobre una superficie normal”, junto con otras pruebas de paso, permiten diferenciar entre sujetos sanos y aquéllos que presentan un déficit vestibular unilateral. Asimismo, permite comprobar la recuperación de la normalidad en estas pruebas después de una hipofunción vestibular es más rápida que para las pruebas de paso (129, 156).

2.2 Comentarios sobre las pruebas de la marcha/paso.

Este conjunto de pruebas, realmente podrían constituir una buena herramienta para evaluar el equilibrio dinámico de los sujetos. Permiten incluso analizar paradigmas dinámicos del equilibrio, cuando el centro de masas del sujeto se encuentra fuera de los límites de estabilidad (136). Hasta el momento actual, la medición del equilibrio se limitaba al estudio del equilibrio estático. Como podemos ver en la siguiente imagen, las pruebas de paso pueden ofrecernos un registro del equilibrio dinámico durante la realización de actividades de la vida cotidiana.



Figura 92: En esta conocida y popular imagen podemos observar que las pruebas de paso son un fiel registro del equilibrio dinámico en la vida cotidiana (163).

Si recordamos de los capítulos previos, este apartado está constituido por cinco pruebas: “caminar 3 metros con los ojos cerrados”, “caminar 3 metros moviendo simultáneamente la cabeza, hacia arriba y hacia abajo”, “caminar 8 pasos en tándem, con los ojos abiertos, en una superficie normal”, “caminar por encima de cuatro barreras” y “subir y bajar una escalera de dos escalones de subida y dos de bajada”.

Respecto a la edad, sólo se evidencian diferencias estadísticamente significativas para la prueba de las barreras. Esta diferencia también coincide con lo publicado por Gill y cols (6).



Figura 93: Paciente durante la realización de la prueba de las barreras (imagen propia).

El hecho de no encontrar diferencias en las pruebas de la marcha nos hace pensar que, con la edad, el deterioro de la estabilidad dinámica es inferior al de la estática. Esto puede ser debido, como ya se dijo en la Introducción, a que el hombre es un animal con unas condiciones pésimas para mantener el equilibrio estático y óptimas para el dinámico, ya que si bien la pobre relación base-centro de gravedad facilita la caída, también facilita el movimiento (62). Probablemente, existan buenos mecanismos para corregir la inestabilidad durante la marcha al aumentar la edad (acortamiento de los pasos, aumento de la separación de los pies,...) y el empleo de los mismos se aprende de forma intuitiva con el transcurso de los años. Esto explicaría un apenas perceptible desequilibrio en personas muy mayores que apenas han sufrido incidencias severas en su salud en el transcurso de su vida; frente a esto, probablemente eventos agudos o severos de salud no puedan ser compensados de forma eficaz por estos mecanismos, pudiendo así provocar desequilibrios importantes durante la marcha, con incremento significativo del riesgo de caídas.

Hegeman y cols (16) también coinciden con estos resultados y postulan la posibilidad del empleo de las pruebas de paso, como alternativa a las estáticas para analizar la evolución de pacientes con patología del equilibrio. Algunas de las pruebas estáticas, al variar con la edad, pueden dificultar la caracterización de las desviaciones del test de un paciente patológico. Por lo que las pruebas de paso pueden ser más útiles por su escasa variación con la edad y su mejor aplicación fisiológica en la detección de pacientes ancianos con tendencia a las caídas (16, 157).

Las pruebas de la marcha, además de ayudarnos al diagnóstico de patologías concretas como el latigazo cervical (139), síndromes vestibulares periféricos unilaterales (137) y miotonía congénita (146), pueden ser de gran ayuda para la rehabilitación vestibular (132). Según Basta en su estudio publicado en 2008 (132), la prueba más efectiva para la rehabilitación vestibular en pacientes con trastornos otolíticos es la prueba “caminar 8 pasos en tandem, con los ojos abiertos, en una superficie de espuma” (132).

2.3 Comentarios sobre el análisis sensorial.

Como ya hemos mencionado en varias ocasiones, el análisis sensorial nos informa de la contribución relativa de cada uno de los sistemas (visual, somatosensorial y vestibular), al mantenimiento del equilibrio.

Los valores proporcionados por el Sway Star son porcentuales. Por tanto, a diferencia de la posturografía dinámica, nos permite comparar el peso de las distintas contribuciones sensoriales. Esto es útil en sujetos sanos; en enfermos, consideramos que no es tan fiable (pueden fallar los tres, pero su suma siempre es 100 %). El peso de las distintas contribuciones también será interesante para ver la

evolución de los resultados de la rehabilitación vestibular, ya que nos permitirá saber cual de los sistemas está realmente mejorando.

Como podemos observar en la tabla 48 y en la figura 72 (ver página 152), de manera global, el sistema vestibular sería el órgano sensorial que mayor contribución aportaría al mantenimiento del equilibrio en nuestra muestra. Intuitivamente, esto es evidente. Un ciego mantiene un equilibrio razonable; sin embargo, una lesión vestibular bilateral provoca un desequilibrio difícilmente compensable. Respecto a esto, un dato importante a tener en cuenta es que la contribución vestibular calculada en el Sway Star es una estimación que se obtiene de restarle a cien, los valores de las contribuciones visual y somatosensorial.

En la figura 74, que repetimos a continuación, podemos observar como la importancia relativa de la información visual va disminuyendo con la edad, hasta alcanzar el mínimo en el grupo de edad de 40 a 49 años, para ascender nuevamente en las siguientes décadas.

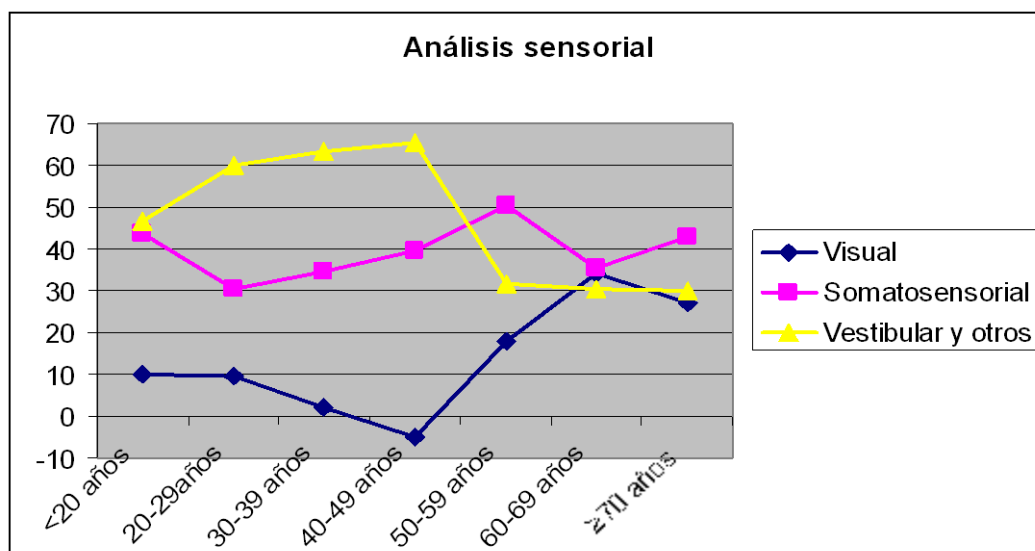


Figura 94: Representación gráfica del análisis sensorial del Sway Star.

Consideramos que este comportamiento en el uso de la contribución visual se corresponde con el deterioro progresivo de la vista con la edad; sin embargo, dicho deterioro es fácilmente corregible (con el empleo de gafas, cirugía de cataratas...). Por este motivo, a partir de los 50 años, momento a partir del cual suele introducirse el empleo de gafas para la corrección de la presbicia, comienza a recuperarse de nuevo la importancia relativa en el uso de la contribución visual. Con ello, mejora porcentualmente la contribución visual y empeoran, también porcentualmente, los otros sistemas (es difícil corregir el envejecimiento propioceptivo y vestibular).

La visión es el primer sistema usado en el control de las perturbaciones de frecuencias bajas (mínimas alteraciones de nuestro entorno), y junto con la información vestibular, son esenciales para estabilizar la postura. En personas ancianas, el papel de la visión puede ser cada vez más importante comparado con las personas jóvenes, debido también a la disminución de aferencias propioceptivas (6, 164).



Figura 95: Gafas para la corrección de la presbicia (165).

En lo que respecta a la información propioceptiva, ésta no presenta cambios estadísticamente significativos entre los distintos grupos de edad. Pero como podemos ver en la figura 94, en personas mayores, supone el principal

estímulo para mantener el control postural. Este hecho coincide con los publicado por otros autores como Kristinsdottir y cols en 2001 (87). En la actualidad existen diversos tratamientos que actúan sobre el sistema propioceptivo (prótesis de cadera (figura 96) o rodilla, cirugías de deformidades de los pies...), que aunque no permiten una recuperación ad integrum de la función (como la corrección de los defectos de visión), sí son útiles para permitir la deambulación y reducir el dolor (140).

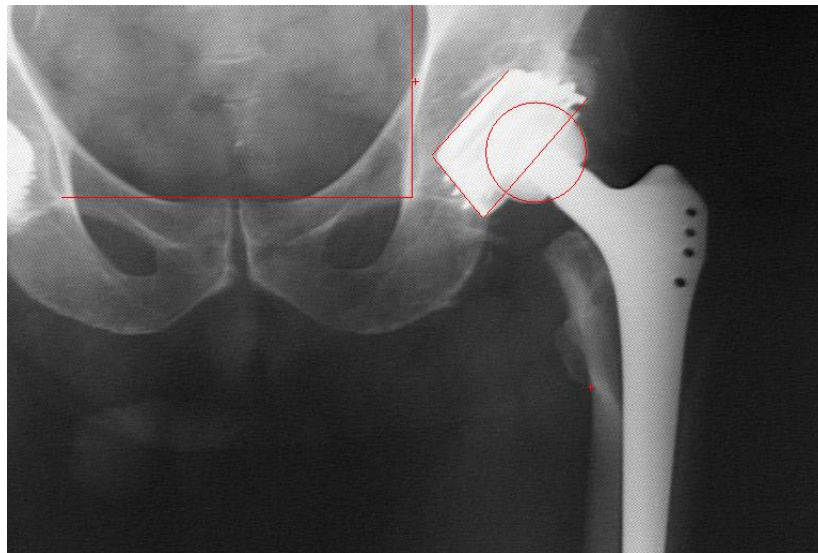


Figura 96: Prótesis de cadera (166).

Por el contrario, la importancia relativa de la información vestibular va aumentando hasta un máximo también en el grupo de edad de 40 a 49 años, para intentar suplir el deterioro visual hasta ese momento; luego disminuye en las siguientes décadas. Esto puede deberse al envejecimiento del sistema vestibular y su difícil corrección (9); de hecho, el uso de la rehabilitación vestibular (como terapéutica capaz de mejorar el equilibrio), en el momento actual, se restringe a los sujetos con patología (103-106, 149). Tal vez sería interesante realizarla en

ancianos sin alteraciones patológicas del equilibrio, para estudiar si con ella mejoran las condiciones de equilibrio y disminuye el riesgo de caída.

Otra posible causa del comportamiento de la contribución vestibular puede ser la forma que tiene el Sway Star de calcularla, restándole a cien las otras dos contribuciones, por lo que la disminución de la contribución vestibular podría deberse simplemente al aumento de la contribución visual (16).



Figura 97: Bola de Semont, empleada para la rehabilitación vestibular con estímulo optocinético (imagen propia).

2.4 Comentarios sobre los cocientes paso/postura.

En lo que respecta a este apartado, se evidencian diferencias asociadas a la edad en el cociente $w3mph/s2ecf$ (“caminar 3 metros moviendo la cabeza de arriba y abajo simultáneamente con el paso”/“estático de pie sobre dos piernas con los ojos cerrados sobre una superficie de espuma”). Como veíamos en la figura 75, el cociente va aumentando hasta alcanzar un máximo en los grupos de

edad de 30-39 y 40-49 años, para disminuir de nuevo en los siguientes grupos de edad, alcanzando el mínimo en el grupo de edad de mayores o iguales a 70 años. Esto se debe a que se trata de un cociente en el que el numerador es una prueba dinámica (no influenciada por la edad) y el denominador una prueba estática (sensorialmente complicada y que variaba con la edad). Por tanto, al aumentar el denominador y mantenerse más o menos estable el numerador, el coeficiente va disminuyendo con el paso de los años.

2.5 Comentarios sobre los índices de control del equilibrio.

Los índices de control del equilibrio, tanto el BCI (*balance control index*) como BCIns (*balance control index including stairs*), pretenden ser un valor resumido para indicar una tendencia de un paciente a pertenecer a un grupo de pacientes con resultados similares: sujetos sin patología del equilibrio, pérdidas vestibulares periféricas, vértigos post-traumáticos... (101, 150, 151). Esto podría hacernos pensar en una posible existencia de diferencias entre los distintos grupos de edad; sin embargo, estas diferencias no existen, estadísticamente hablando. Esto puede ser debido a que se trata de índices compuestos de los resultados de varias pruebas (ver tabla 1, página 80), la mayor parte de ellas dinámicas, que (como ya explicamos en el apartado 2.2) empeoran menos que la estáticas con el paso de los años. A pesar de no encontrar diferencias entre los distintos grupos de edad, en nuestro estudio, al igual que en el de Hegeman y cols, observamos un mayor índice para los menores de 20 años.

2.6 Patrones de normalidad.

La cuantificación de los patrones de comportamiento postural en población sana es muy útil para poder desarrollar un sistema posturográfico que permita evaluar funcional y objetivamente el sentido del equilibrio de cualquier sujeto, analizando todos los aspectos implicados en el equilibrio (visión, sistema vestibular e información somatosensorial). Esto nos ayudará a prescribir el tratamiento de rehabilitación más adecuado para compensar el factor del sistema del equilibrio que se encuentre alterado, permitiendo la valoración objetiva del mismo (2).

En el apartado 2.6 del capítulo de resultados, se exponen los patrones de normalidad para la población total (tabla 57) y para los distintos grupos de edad (tablas 58 a 63). No se hacen diferencias por sexo, dado que en ninguno de los análisis previos se han encontrado diferencias entre varones y mujeres.

Las tablas se presentaron de una manera similar a como lo hace el Sway Star en la opción del BCS (*resumen del control del balance*). A diferencia del fabricante, para nuestros patrones de normalidad hemos escogido un intervalo de confianza para la media al 95%, ya que es el intervalo de confianza que se emplea de modo estandarizado para variables médicas.

En la primera columna nos encontramos con la abreviatura de cada una de las pruebas. Algunas se encuentran duplicadas; esto es debido a que la segunda fila corresponde a la duración de la prueba (tiempo). La segunda columna corresponde al valor inferior del intervalo, valor a partir del cual, consideraremos el registro como dentro de la normalidad. La tercera columna corresponde a la media de nuestra población. La cuarta, el límite superior, valor a partir del cual consideraremos un registro como patológico. La quinta columna hace referencia

al tipo de valor de cada medición, pudiéndose tratar de velocidad angular del balanceo en grados por segundo ($^{\circ}/s$), ángulo de inclinación ($^{\circ}$) o un índice compuesto. En la sexta y última columna nos encontramos con la descripción de la prueba en inglés para las pruebas simples y en español para los índices compuestos.

Tabla 87: Patrones de normalidad para la población total.					
	Lím inf	Media	Lím sup	Tipo de valor	Protocolo de la prueba
s2ecf	10,68	12,82	14,97	Vel. ang. del balanceo [g°/s]	Standing on 2 legs EC on foam support
s2ecf	20,00	20,00	20,00	Duración [s]	Standing on 2 legs EC on foam support
s2ec	3,44	4,63	5,81	Vel. ang. del balanceo [g°/s]	Standing on 2 legs EC
s2ec	20,00	20,00	20,00	Duración [s]	Standing on 2 legs EC
s2eof	7,00	8,60	10,21	Vel. ang. del balanceo [g°/s]	Standing on 2 legs EO on foam support
s2eof	19,45	19,81	20,18	Duración [s]	Standing on 2 legs EO on foam support
s2eo	3,59	4,24	4,90	Vel. ang. del balanceo [g°/s]	Standing on 2 legs EO
s2eo	20,00	20,00	20,00	Duración [s]	Standing on 2 legs EO
s1eo	3,13	4,02	4,92	Ang. De inclinación [g°]	Standing on 1 leg EO
s1eo	20,00	20,00	20,00	Duración [s]	Standing on 1 leg EO
w3mec	57,15	63,77	70,38	Vel. ang. del balanceo [g°/s]	Walking 3m EC
w3mec	4,70	5,10	5,50	Duración [s]	Walking 3m EC
w3mph	60,11	66,21	72,31	Vel. ang. del balanceo [g°/s]	Walking 3m pitching head
w3mph	5,51	6,02	6,52	Duración [s]	Walking 3m pitching head
w8tan	7,31	8,64	9,98	Ang. De inclinación [g°]	Walking 8 tandem steps EO
w8tan	9,89	10,68	11,47	Duración [s]	Walking 8 tandem steps EO
Barriers	21,27	23,11	24,95	Ang. De inclinación [g°]	Walking over Barriers
Barriers	6,79	7,41	8,04	Duración [s]	Walking over Barriers
Stairs	14,39	15,82	17,24	Ang. De inclinación [g°]	Walking Up and Down Stairs
Stairs	4,42	5,04	5,66	Duración [s]	Walking Up and Down Stairs
Vis	8,09	13,61	19,14	Índice compuesto	Análisis sensorial en velocidad angular del balanceo
Som	34,60	39,64	44,67	Índice compuesto	Análisis sensorial en velocidad angular del balanceo
vest&oth	39,70	46,75	53,80	Índice compuesto	Análisis sensorial en velocidad angular del balanceo
w3mph/s2ecf	5,78	7,11	8,44	Índice compuesto	Cociente en velocidad angular de balanceo
w8tan/s2ecf	3,31	4,19	5,08	Índice compuesto	Cociente en ángulo de inclinación
BCI	479,17	504,70	530,23	Índice compuesto	Índice del Control del Balance(sin las escaleras)
BCIns	296,19	314,92	333,66	Índice compuesto	Índice del Control del Balance

s2ec: posición estática de pie, ojos cerrados, superficie normal;
s2eof: posición estática de pie, ojos abiertos, superficie de apoyo de espuma;
s2eo: posición estática de pie, ojos abiertos, superficie normal;
s1eo: posición estática de pie, sobre una pierna, ojos abiertos, superficie normal;
w3mec: caminar 3 metros, ojos cerrados;
w3mph: caminar 3 m moviendo simultáneamente la cabeza, hacia arriba y hacia abajo;
w8tan: 8 pasos en tándem, con los ojos abiertos, en una superficie normal;
Barriers: por encima de cuatro barreras;
Stairs: subir y bajar una escalera de dos escalones de subida y dos de bajada;
Vis: contribución del sistema visual;
Som: contribución del sistema somatosensorial;

vest&oth: contribución del sistema vestibular y otros posibles contribuciones.
w3mph/s2ecf: cociente entre caminar 3 m moviendo simultáneamente la cabeza, hacia arriba y hacia abajo y posición estática de pie, ojos abiertos, superficie de apoyo de espuma;
w8tan/s2ecf: cociente entre 8 pasos en tándem, con los ojos abiertos, en una superficie normal posición estática de pie, ojos abiertos, superficie de apoyo de espuma;
BCI: índice de control del equilibrio.
BCIns: índice de control del equilibrio incluyendo las escaleras.

Estos patrones de normalidad no han podido ser contrastados con los de otras poblaciones, ya que hasta el momento actual, no se han hallado en ninguna de las publicaciones consultadas (167).

3. Posturografía dinámica y Sway Star simultáneamente.

Como mencionamos en el capítulo de Material y métodos, realizamos un *test de organización sensorial* en el posturógrafo dinámico, simultáneamente con un registro del Sway Star (figura 98). El objetivo de este registro combinado era intentar establecer algún tipo de relación entre ambos sistemas posturográficos, aún a sabiendas de que ambos aparatos miden parámetros distintos (113). En este apartado comentaremos los resultados obtenidos en ambos registros por separado, para posteriormente en el apartado 4, analizar los resultados comparativos.

Además, la repetición del *test de organización sensorial* (aunque modificando levemente el centro de gravedad al portar el Sway Star) nos permitiría evaluar la reproductibilidad del registro. Por otro lado, serviría para determinar si el cambio en el centro de gravedad que debe de provocar el dispositivo unido al tronco puede modificar los resultados de la posturografía.



Figura 98: Imagen de la realización simultánea del test *de organización sensorial* y el Sway Star (Imagen propia).

3.1 Posturografía dinámica computerizada.

En este apartado comentaremos de manera resumida los resultados del *test de organización sensorial*. Como en el apartado 1.1, encontramos diferencias estadísticamente significativas para los distintos grupos de edad en la condición 4 (ojos abiertos, plataforma móvil, entorno visual fijo). Como analizaremos más adelante, este hecho contribuye a la afirmación de que el registro posturográfico es reproducible en un mismo sujeto, incluso portando el Sway Star (lo que supone peso añadido y excéntrico al centro de gravedad). A partir de este hecho, también podríamos afirmar que un sujeto sano es capaz de realizar correcciones para estabilizar su centro de gravedad incluso con un peso añadido (aproximadamente 1,1 kg) y excéntrico, siempre y cuando éste sea tolerable.

3.2 Sway Star.

En este apartado, a diferencia con el apartado 2, no se han analizado los datos del *resumen del control del balance*, sino los ángulos de inclinación y balanceo y la velocidad angular de inclinación y balanceo. Esto es debido a que esta es la única forma que hemos encontrado para comparar ambos sistemas y con la bibliografía existente en la actualidad; como se comentó con anterioridad, ninguno de los artículos encontrados hace referencia al *resumen del control del balance*, aún cuando ésta parece ser la opción de análisis más manejable en la práctica clínica diaria.

Al analizar los ángulos (inclinación y balanceo) y velocidad angular del tronco (inclinación y balanceo) para cada una de las condiciones del *test de organización sensorial*, no evidenciamos diferencias por sexo (como ya ocurría en el apartado 2).

Sin embargo, si analizamos estos datos para los distintos grupos de edad, encontramos diferencias estadísticamente significativas para los ángulos de inclinación y de balanceo y para la velocidad de inclinación durante la realización de la condición 4 del *test de organización sensorial*. Como ocurría con el porcentaje de equilibrio de la condición 4, las mediciones del Sway Star se mantienen con cierta continuidad hasta el grupo de edad de 40-49 años, punto a partir del cual aumentan, haciéndose este aumento muy manifiesto en el grupo de edad de mayores o iguales a 70 años (figura 78, página 173). Como ya mencionábamos con anterioridad, en situaciones especialmente complejas desde el punto de vista sensorial (como puede ser la condición 4), los mecanismos aprendidos y entrenados con la edad parecen ser menos eficaces (2, 9, 114, 109) para compensar el deterioro fisiológico del equilibrio achacable a la edad.

En la siguiente figura, vemos la representación gráfica de la comparación (de un registro simultáneo de la condición 5 del *test de organización sensorial* y de las 4 variables de Sway Star) de nuestro estudio y del realizado por Allum y cols en 2002 (113). Observamos que la tendencia de las variables es la misma, siendo los valores algo superiores en nuestro estudio. Este hecho es debido a que las muestras no son comparables, ni en tamaño ni en edad.

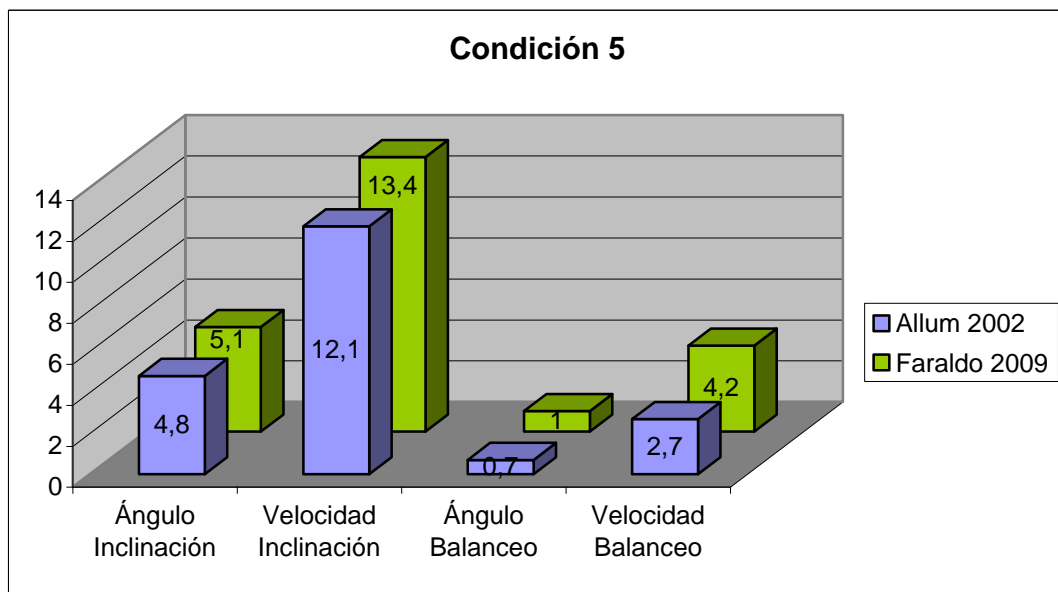


Figura 99: Representación gráfica de las variables de Sway Star obtenidas durante la realización de la condición 5 del SOT en nuestro estudio y el realizado por Allum en 2002.

En la siguiente figura, vemos representados los valores de nuestra serie en contraposición con los publicados por Van de Warrenburg en 2005 (128), en las pruebas estáticas, Romberg con ojos abiertos (condición 1) y Romberg con ojos cerrados (condición 2). Se comparan el ángulo de inclinación y el ángulo de balanceo, en los que existe una coincidencia total a pesar de que las muestras tampoco son comparables en lo que respecta a tamaño muestral y a la edad.

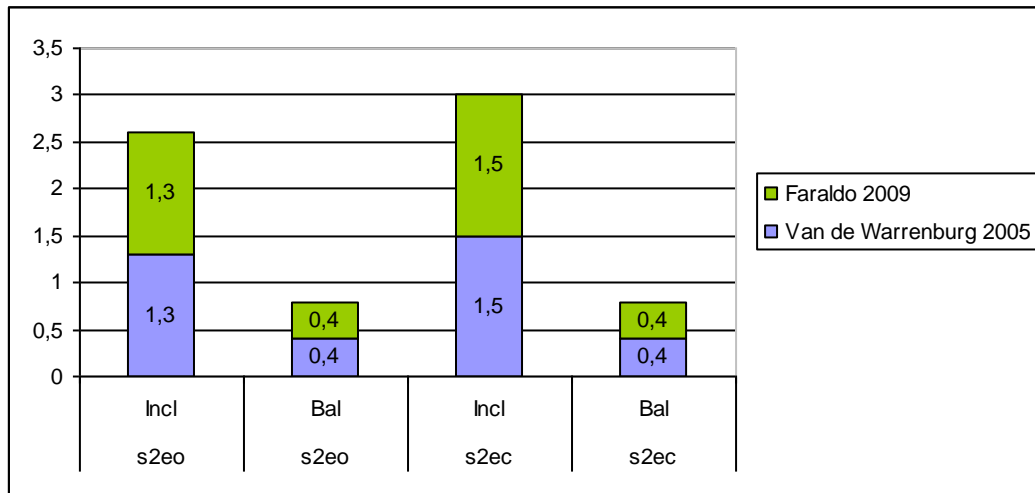


Figura 100: Representación gráfica de las variables de Sway Star obtenidas durante la realización de las condiciones 1 y 2 del SOT en nuestro estudio y las pruebas estáticas (s2eo: estático de pie, sobre dos piernas con ojos abiertos sobre superficie normal y s2ec: de pie, sobre dos piernas con ojos cerrados sobre superficie normal) en el estudio realizado por Van de Warrenburg en 2005.

4. Correlaciones entre resultados de la posturografía dinámica computerizada y Sway Star.

4.1 Correlaciones con registros independientes.

Como mencionamos en el apartado 4.1 del capítulo de resultados, la posturografía dinámica computerizada y el sistema Sway Star proponen ciertos parámetros (BCI y Composite, análisis sensorial, pruebas estáticas...), que en la práctica clínica pretenden tener una misma aplicación. Por ello a priori nos parecía que deberían tener algún tipo de relación. Sin embargo, al comparar dichos parámetros, no encontramos dichas correlaciones.

En el caso de la comparación del *Composite* (equilibrio global medio de la posturografía) y el *BCI* (índice del control del balance en el Sway Star), el motivo de no existir una correlación puede estar originado en su sistema cálculo. Mientras que el *Composite* es una media aritmética de los resultados de las distintas condiciones (94), el *BCI* se obtiene con distintas ponderaciones de algunas de las pruebas (ver tabla 1, página 80) (150-151).

En lo que respecta al análisis sensorial, tampoco se han encontrado correlaciones. Esto también puede deberse a un problema matemático y del distinto sistema de cálculo de las contribuciones relativas de las aferencias sensoriales al equilibrio global (94). Mientras que en la posturografía se obtienen valores absolutos independientes, en el Sway Star se obtienen porcentajes (las aferencias de los tres sistemas sensoriales siempre suman 100), de modo que si disminuye una de las aferencias las otras ascienden automáticamente (las variables no son, por tanto, independientes) (151).

También intentamos establecer posibles correlaciones que pudiesen existir entre porcentaje de equilibrio de la posturografía, y ángulos y velocidad angular del tronco del Sway Star, de condiciones y pruebas, en las que se le ofrece al paciente una información sensorial similar.

Por ejemplo, se comparan la condición 1 y “estático de pie sobre dos piernas con ojos abiertos sobre superficie normal”, es decir, en posición de Romberg. A pesar de que estas pruebas a priori son similares, no hemos encontrado correlación estadísticamente significativa. Esto puede deberse al hecho de que a pesar de que, pensemos que las aferencias sensoriales visuales son las mismas, en realidad no lo son, ya que no es lo mismo tener la visión de una sala abierta (Sway Star), que estar rodeado de paredes a pocos centímetros de distancia (Posturografía dinámica).

Otro ejemplo es: posición de Romberg con ojos cerrados en superficie normal, es decir, condición 2 de la posturografía dinámica y s2ec (estático de pie sobre dos piernas con ojos cerrados sobre superficie normal) del Sway Star. En este caso, existe relación entre el porcentaje de equilibrio y el ángulo de inclinación del tronco, con un coeficiente de correlación negativo. Esto significa

que a mayor porcentaje de equilibrio, menor ángulo de inclinación. La existencia de relación entre estas variables se justificaría porque al suprimir la aferencia visual, al paciente le es indiferente encontrarse en un espacio abierto o en el interior del posturógrafo.

Si comparamos la condición 4 con s2eof (estático de pie sobre dos piernas con los ojos abiertos sobre superficie de espuma) encontramos una correlación inversa con el ángulo de inclinación, ángulo de balanceo y velocidad de balanceo.

Al comparar la condición 5 y s2ecf (estático de pie sobre dos piernas con ojos cerrados sobre superficie de espuma), no encontramos correlación lineal estadísticamente significativa. Esta falta de correlación también se pone de manifiesto en el estudio de Allum y cols de 2002 (113).

Dado que le realizamos el *test de organización sensorial* en dos ocasiones a un mismo paciente, uno portando el arnés y otro portando el Sway Star, nos pareció interesante la comparación de los resultados de los mismos. Esto nos mostró que los resultados de la realización del *test de organización sensorial* eran reproducibles, con una mínima variación en la condición 6 y el composite, aún portando el Sway Star. Esto, como mencionamos con anterioridad, supone un peso añadido y excéntrico al centro de gravedad y muestra la capacidad de los sujetos para realizar correcciones para estabilizar el centro de gravedad.

4.2 Correlaciones del registro simultáneo.

En este apartado comentaremos los resultados de la comparación entre el porcentaje de equilibrio de cada una de las condiciones del *test de organización sensorial*, de la posturografía dinámica computerizada, con el ángulo de

inclinación del tronco (inclinación y balanceo) y con la velocidad angular del tronco (inclinación y balanceo), proporcionadas por el Sway Star.

En la condición 1 encontramos correlación lineal estadísticamente significativa entre el porcentaje de equilibrio y los cuatro valores obtenidos en el Sway Star.

En la condición 2, la correlación entre el porcentaje de equilibrio sólo se establece con ángulo de inclinación del tronco.

En la condición 3, la correlación la encontramos en tres de los cuatro valores del Sway Star (ángulo de inclinación, ángulo de balanceo y velocidad de inclinación).

En las condiciones 4, 5 y 6, la correlación se establece con las cuatro variables del Sway Star.

Como vemos en este apartado, la variable del Sway Star que siempre tiene correlación con el porcentaje de equilibrio es el ángulo de inclinación. Esto tiene su lógica, dado que la posturografía dinámica sólo tiene la capacidad de medir los desplazamientos del centro de presiones en el plano ántero-posterior. Este plano, en el sistema Sway Star, equivale a la inclinación.

Después de este exhaustivo análisis llegamos a la conclusión de que para sujetos normales, los resultados de la posturografía y el Sway Star son básicamente comparables, como era de esperar a pesar de analizar parámetros diferentes. Lo que no es comparable es el manejo de la información y el análisis matemático que hacen uno y otro sistema.

Conclusiones

PRIMERA: el porcentaje de equilibrio de las distintas condiciones del *test de organización sensorial* en sujetos sanos va disminuyendo a medida que aumenta la dificultad sensorial de los registros.

SEGUNDA: la edad sólo afecta al porcentaje de equilibrio del *test de organización sensorial* en sujetos sanos en las condiciones en las que existe mayor dificultad sensorial.

TERCERA: según el análisis sensorial de la posturografía dinámica computerizada, la contribución vestibular es la única que disminuye con la edad, siendo dicha contribución máxima en las edades medias de la vida.

CUARTA: de manera global, en personas sanas se emplea más la estrategia de tobillo que la estrategia de cadera. Sin embargo, el empleo de esta última aumenta en las condiciones en las que aumenta la dificultad sensorial.

QUINTA: el tiempo de reacción, la velocidad de movimiento, el recorrido y el control direccional de los límites de estabilidad de la posturografía dinámica sufren un deterioro con la edad, que es más acusado a partir de los 40-50 años. A pesar de una mayor rapidez (mayor velocidad) y un inicio más precoz (menor tiempo de reacción) por parte de los varones, éstos no consiguen un mejor control direccional.

SEXTA: en las pruebas estáticas del sistema Sway Star sólo se encuentran diferencias entre los distintos grupos de edad en las pruebas sensorialmente más complejas.

SÉPTIMA: de manera global podemos afirmar que los resultados de las pruebas de la marcha del sistema Sway Star no se ven influidos por la edad. Por este motivo y por su mayor capacidad para reproducir situaciones fisiológicas,

podrían ser las pruebas de elección para la detección de pacientes ancianos con tendencia a las caídas.

OCTAVA: según el análisis sensorial realizado por el sistema Sway Star, la contribución del sistema vestibular es la que mayor peso tiene en el mantenimiento del equilibrio. Esta contribución varía entre los distintos grupos de edad, alcanzando un máximo en las edades medias de la vida.

NOVENA: los valores obtenidos en el análisis sensorial de los dos sistemas (posturografía dinámica computerizada y Sway Star) no son comparables por el distinto método de cálculo de las contribuciones relativas de las aferencias sensoriales al equilibrio global. Mientras que en la posturografía se obtiene valores absolutos independientes, en el Sway Star se obtienen porcentajes.

DÉCIMA: los valores que ambos sistemas proporcionan a modo de resumen del estudio postural (*Composite* en la posturografía dinámica computerizada y *BCI* en el Sway Star) tampoco son comparables. Esto también se debe a un distinto método de cálculo.

UNDÉCIMA: existe una buena reproductibilidad de los resultados del *test de organización sensorial* de la posturografía dinámica, aun portando el sistema Sway Star, que supone un peso añadido y excéntrico al centro de gravedad. Esto muestra la capacidad de los sujetos sanos para realizar correcciones que estabilizan el centro de gravedad, ante desplazamientos moderados del mismo.

DUODÉCIMA: los resultados obtenidos de la realización del *test de organización sensorial* y de los registros equiparables con el Sway Star son comparables. El porcentaje de equilibrio de cada condición de la posturografía dinámica computerizada presenta una correlación lineal con el ángulo de inclinación de las mismas medido con el sistema Sway Star.

Bibliografía

1. Gagey PM, Weber B. Posturología: regulación y alteraciones de la bipedestación. Barcelona: Ed Masson; 2001.
2. Baydal-Bertomeu J.M, Barberà i Guillem R, Soler-Gracia C, Peydro de Moya MF, Prat JM, Barona de Guzman R. Determinación de los patrones de comportamiento postural en población sana española. Acta Otorrinolaringol Esp 2004; 55: 260-9.
3. Hobeika CP. Equilibrium and balance in the elderly. Ear Nose Throat J. 1999; 78(8):558-62, 565-6.
4. http://www.igerontologico.com/noticias_desarrollo.php?idnoticia=252
5. Cano-de la Cuerda R, Macías-Jiménez AI, Cuadrado-Pérez ML, Miangolarra-Page JC, Morales-Cabezas M. Trastornos de la postura y de la marcha e incidencia de caídas en pacientes con enfermedad de Parkinson. Rev Neurol 2004; 38 (12):1128-32.
6. Gill J, Allum JH, Carpenter MG, Held-Ziolkowska M, Adkin A, Honegger F et al. Trunk sway measures of postural stability during clinical balance test: effects of age. J Gerontol A Biol Sci Med Sci 2001; 56:438-47.
7. Melzer I, Benjuya N, Kaplanski J. Postural stability in the elderly: a comparison between fallers and non-fallers. Age Ageing 2004; 33:602-7.
8. Van der Burg JCE, Pijnappels M, Van Dieën JH. The influence of artificially increased trunk stiffness on the balance recovery after a trip. Gait Posture 2007; 26: 272-8.
9. Matheson AJ, Darlington CL, Smith PF. Further evidence for age-related deficits in human postural function. J Vestib Res 1999; 9: 261-4.
10. Martínez-Vila E, Riverol Fernández M, Irimia Sieira P. Síndrome vestibular central. Rev Med Univ Navarra 2003; 47(4):21-8.

11. Bartual Magro J. El vértigo en las urgencias médicas. *ORL-DIPS* 2001; 28(3): 120-31.
12. Allum JHJ, Huwiler M, Honegger F. Identifying cases of non-organic vertigo using dynamic posturography. *Gait Posture* 1996; 4: 52-61.
13. Manrique Lipa RD, Soto Varela A, Santos Pérez S, Manrique Lipa RK, Lorenzo Lorenzo AI, Labella Caballero T. Alteraciones del equilibrio en pacientes menores de 16 años distribuidos por grupos de edad. *Acta Otorrinolaringol Esp.* 2008; 59(9): 455-62.
14. Ramírez Camacho R. Tratamiento de los trastornos del equilibrio. *Inf Ter Sist Nac Salud* 2002; 26: 44-7.
15. Du Pasquier RA, Blanc Y, Sinnreich M, Landis T, Burkhard P, Vingerhoets FJG. The effect of aging on postural stability: a cross sectional and longitudinal study. *Neurophysiologie clinique* 2003; 33: 213-8.
16. Hegeman J, Yu Shapkova E, Honegger F, Allum JHJ. Effect of age and height on trunk sway during stance and gait. *J Vest Res* 2007; 17: 75-87.
17. Itard JMG. *Traité des maladies de l'oreille et l'audition*. París: Chez Méquignon-Marvais; 1821.
18. Purkinje JE. Über die physiologische Bedeutung des Schwindels und die Beziehung desselben zu den neuesten Versuchen über die Hirnfunctionen. *Rufts Magazin ges Heilk* 1827; 23: 284-310. Obra citada en Peitersen E. Measurement of vestibulo-spinal responses in man. En: Kornhuber HH, editor. *Handbook of sensory physiology*, vol VI (2), vestibular system. Berlín: Springer-Verlag; 1974, p. 267-80. Citado en: Vaamonde Lago P, Soto Varela A, Santos Pérez S, Labella Caballero T. Análisis

- computerizado de la craneocorpografía: nuevos límites de la normalidad para sus formas estática y dinámica. *Acta Otorrinolaringol Esp* 2002; 53: 83-90.
19. Romberg MH: *Manual of the Nervous Disease of Man*. London: Syndenham Society; 1853 p. 395-401. Citado en: Quintá Valero V, Barona de Guzmán R. Posturografía: antecedentes históricos. Técnicas actuales para el registro de la postura. *Rev biomec* (Feb) 2003; 5-9.
20. Stockwell CW: Posturography. *Otolaryngol Head Neck Surg* 1981; 89:333-5. Citado en: Quintá Valero V, Barona de Guzmán R. Posturografía: antecedentes históricos. Técnicas actuales para el registro de la postura. *Rev biomec* (Feb) 2003; 5-9.
21. Vaamonde P, Soto A, Porto I, Labella T, Comparación entre los reflejos vestibuloocular y vestibuloespinal tras la estimulación calórica. *ORL-DIPS* 2001; 28(2): 73-82.
22. Norré ME, Forrez G. Vestibulospinal function in otoneurology. *ORL J Otorhinolaryngol Relat Spec* 1986; 48 (1): 37-44.
23. Vaamonde Lago P, Soto Varela A, Santos Pérez S, Labella Caballero T. Análisis computerizado de la craneocorpografía: nuevos límites de la normalidad para sus formas estática y dinámica. *Acta Otorrinolaringol Esp* 2002; 53: 83-90.
24. Soto Varela A, Santos Pérez S, Vaamonde Lago P, Labella Caballero T. La utilidad de la craneocorpografía en el diagnóstico de pacientes con alteraciones del equilibrio asociadas a contracturas de la musculatura cervical. *Acta Otorrinolaringol Esp* 2001; 52: 398-403.

25. Keim RJ. Clinical comparisons of posturography and electronystagmography. *Laryngoscope* 1993; 103: 713-6.
26. Kantner RM, Allan MR, Armstrong CW, Cummings V. Stabilometry in balance assessment of dizzy and normal subjects. *Am J Otolaryngol* 1991; 12: 196-204.
27. Thapa PB, Gideon P, Brockman KG, Fought RL, Ray WA. Clinical and biomechanical measures of balance as fall predictors in ambulatory nursing home residents. *J Gerontol* 1996; 51: 239-46.
28. Topper AK, Maki BE, Holliday PJ. Are activity-based assessments of balance and gait in the elderly predictive of risk of falling and/or type of fall? *J Am Geriatr Soc* 1993; 41: 479-87. Citado en: Baydal-Bertomeu JM, Barberà i Guillem R, Soler-Gracia C, Peydro de Moya MF, Prat JM, Barona de Guzman R. Determinación de los patrones de comportamiento postural en población sana española. *Acta Otorrinolaringol Esp* 2004; 55: 260-9.
29. Gazzola JM, Freitas Ganança F, Cristina Aratani M, Rodrigues Perracini M, Malavasi Ganança M. Clinical evaluation of elderly people with chronic vestibular disorder. *Rev Bras Otorrinolaringol* 2006; 72(4): 515-22.
30. Becker W, Naumann HH, Pfaltz CR. *Otorrinolaringología. Manual ilustrado*. 2ª ed, Esp. Barcelona: Doyma; 1992.
31. Bartual Pastor J. Anatomía y fisiología del sistema vestibular periférico. En: Bartual Pastor J, Pérez Fernández N, editores. *El sistema vestibular y sus alteraciones*. Barcelona: ed. Masson; 1998. p. 21-52.

32. Rouvière H. Anatomía Humana Descriptiva y Topográfica. 8º ed. Madrid: ed. Bailly-Bailliere; 1978. T. I, p. 365-404.
33. Lysakowski A. Anatomy of vestibular end organs and neural pathways. En: Cummings CW. Otolaryngology–Head and neck surgery. 4ª ed. Philadelphia: ed. Elsevier Mosby; 2005. p. 3089-114.
34. Baloh RW, Honrubia V. The peripheal vestibular sistem. En: Baloh RW, Honrubia V editores. Clinical neurophysiology of the vestibular sistem. 2ª ed. Filadelfia: FA Davis; 1990. p. 22-43.
35. Labella T, Bertossi M. Aspectos ultraestructurales del conducto semicircular en el vértigo de Menière. An Otorrinolaringol Ibero Am. 1976;3: 673-84.
36. www.otorinoudechile.cl/images/a_11.jpg
37. Lonsbury-Martin BL, Martin GK, Luebke AE. Physiology of the Auditory and Vestibular Systems. En: Snow JB Jr, Ballenger JJ, editors. Ballenger's Otorhinolaryngology Head and Neck Surgery. 16ª ed, New York: BC Decker Inc; 2003. p.68-133.
38. Sauvage JP, Puyraud S, Roche O, Rahman. Anatomía del oído interno. En Encyclopédie Médico-Chirurgicale, Otorrinolaringologías. París: Elsevier; 2000:20-020-A-10.
39. Lindeman HH, Ades HW, Bredberg G, Engstrom H. The sensory hairs and the tectorial membrane in the development of the cat's organ of Corti. Acta Otolaryngol 1971; 72: 229-42. En: Lonsbury-Martin BL, Martin GK, Luebke AE. Physiology of the Auditory and Vestibular Systems. Snow JB, Ballenger JJ, editors. Ballenger's Otorhinolaryngology Head and Neck Surgery. 16ª ed, New York: BC Decker Inc; 2003. p.68-133.

40. Goldberg JM, Smith CE, Fernández C. Relation between discharge regularity and responses to externally applied galvanic currents in vestibular nerve afferents of the squirrel monkey. J Neurophysiol. 1984; 51: 1236-56.
41. www.dgsotorrinolaringologia.med.br/LABIR_FISIOL_02.jpg
42. Lépori LR. Vértigo. 1ªed. Buenos Aires: Clyna; 2006. p. 43.
43. Donaldson JA, Miller JM. Anatomía del oído. En: Paparella Shumrick. Otorrinolaringología. 2ª ed, Argentina. Buenos Aires: Panamericana; 1982. p 26-61.
44. Suárez Nieto C, Díaz Fernández C. Constitución anatómica del sistema vestibular. En: Grupo de vértigo de la S.E.O.R.L. El vértigo. Actualización y valoración en España. Madrid: Aula médica; 1996. p. 23-37.
45. Sobotta: Atlas de Anatomía Humana. Editorial Panamericana. 20ª ed, 1993, p.379.
46. Testut L, Latarjet A. Compendio de anatomía descriptiva. Barcelona: Salvat; 1979.
47. Suárez Nieto C, Díaz Fernández C. Anatomía del sistema vestibular central. En: Bartual Pastor J, Pérez Fernández N, editores. El sistema vestibular y sus alteraciones. Barcelona: Masson; 1998. p. 53-65.
48. http://www.otorrinoweb/izquie/temas/02anasisequi/vias_vestibulares_centrales
49. Courtat P. Exploraciones funcionales ORL. Edit JIMS; 1997; p. 65-78.
50. Gil-Carcedo LM, Vallejo LA, Gil-Carcedo E. El equilibrio. Fisiología del sistema vestibular. En: Menarini editores. Otología. 2ª Ed. Madrid: Médica Panamericana; 2004. p. 59-69.

51. Kariyas S, Cureoglu S, Fukushima H, Kusunoki T, Scharchern P, Nishizaki K et al. Histopathological changes of contralateral human temporal bone in unilateral Ménière's disease. *Otol Neurotol* 2007; 28: 1063-8.
52. Newman A, Suárez C, Lee WS, Honrubia V. Afferent innervation of the vestibular nuclei in the chinchilla. II. Description of the vestibular nerve and nuclei. *Brain Res* 1992; 597: 278-97.
53. Suárez C, Honrubia V, Gómez J, Lee WS, Newman A. Primary vestibular projections in the chinchilla. *Arch Otorhinolaryngol.* 1989; 246: 242-8.
54. Buttner-Ennever JA. Patterns of connectivity in the vestibular nuclei. *Ann N Y Acad Sci* 1992; 656: 363-78.
55. Angaut P, Brodal A. The projection of the vestibulocerebellum into the vestibular nuclei in the cat. *Arch Ital Biol* 1967; 105: 441-79.
56. Ketterer TJ, Lyon MJ, Gacek RR. Commissural projections of the superior vestibular nucleus in the rat. *Acta Otolaryngol* 1990; 110: 31-9.
57. Suárez Nieto C. Morfología y función del sistema vestibular. En: Ramírez Camacho, R. Trastornos del equilibrio. Madrid: ed McGraw Hill; 2003. p. 3-19.
58. Shinoda Y, Ohgaki T, Futami T, Sugiuchi Y. Morphology of single medial vestibulospinal tract axons in the upper cervical spinal cord of the cat. *J Comp Neurol.* 1992; 316: 151-72.
59. Baloh RW, Honrubia V. The central vestibular system. En: Baloh RW, Honrubia V, editores. *Clinical neurophysiology of the vestibular system.* 3ª ed. Nueva York: ed. Oxford University Press; 2001. p. 53-107.
60. Lépori LR. Vértigo. 1ªed. Buenos Aires: Clyna; 2006. p. 58.

61. Barona de Guzmán R. Interés de la posturografía en el diagnóstico y tratamiento del vértigo y el desequilibrio en especialidades médico-quirúrgicas. Rev biomec (Feb) 2003; 11-4.
62. www.otorrinoweb.com/izquie/temas/05.1equi/introduccion_1.htm
63. Honrubia V. Contemporary vestibular function testing: accomplishments and future perspectives. Otolaryngol Head Neck Surg .1995;112: 64-77.
64. Megías L, Ibáñez JA, Oliva M. Exploración de la función vestibular. Sociedad Española de Otorrinolaringología y Patología Cérvico-facial, editores. Libro virtual de formación en ORL. Madrid: 2008.
65. Bartual Pastor J. Concepto de equilibrio. En: Bartual Pastor J. Semiología vestibular. Cádiz: Unimed; 1980. p. 1-8.
66. Baloh RW, Honrubia V. Vestibular function: an overview. En: Baloh RW, Honrubia V. Clinical neurophysiology of the vestibular system. 3ª ed. Nueva York: ed. Oxford University Press; 2001. p. 3-22.
67. Rossi Izquierdo M. Estudio de los trastornos del equilibrio en pacientes con enfermedad de parkinson, mediante la videonistagmografía, la craneocorpografía y la posturografía dinámica computerizada. Rehabilitación vestibular y propuesta de una nueva clasificación del equilibrio en la enfermedad de Parkinson. [Tesis doctoral]. Santiago de Compostela: Universidad de Santiago de Compostela; 2007.
68. Sanz Fernández R. Test de autorrotación: V.A.T. y posturografía dinámica: C.D.P.Vértere. 1997; 25: 5-15.
69. Carpenter MG, Allum J, Honegger F. Directional sensitivity of stretch reflexes and balance corrections for normal subjects in the roll and pitch planes. Exp Brain Res 1999; 129: 93-113.

70. Allum JHJ, Honegger F. Interactions between vestibular and proprioceptive inputs triggering and modulating human balance-correcting responses differ across muscles. *Exp Brain Res* 1998; 121: 478-94.
71. Bartual Pastor J. Exploración del sistema vestibular periférico. En: Bartual Pastor J, Pérez Fernández N, editores. *El sistema vestibular y sus alteraciones*. Barcelona: ed. Masson; 1998. p. 133-8.
72. Bartual Pastor J. Mantenimiento del tono y de la postura. *Fisiología del sistema vestíbulo espinal*. En: Bartual Pastor J. *Semiología vestibular*. Cádiz: Unimed; 1980. p. 65-78.
73. Brandt T. Introduction. En: Brandt T. *Vertigo. Its multisensory síndromes*. 2ª ed. Londres: Springer-Verlag; 1999. p. 3-21.
74. Sauvage JP, Orsel S, Morin R. Fisiología vestibular. En: *Encyclopédie Médico-Chirurgicale, Otorrinolaringología*. París: Elsevier; 2000: 20-038 A-10.
75. Sanz Fernández R. Posturografía dinámica. En: Ramírez Camacho, R. *Trastornos del equilibrio*. Madrid: ed McGraw Hill; 2003. p. 49-57.
76. Brandt T, Dieterech M, Fries W. Otolithic Tullio phenomenon typically presents as paroxysmal ocular tilt reaction. *Adv Oto-Rhino-Laryngol*. 1988; 42: 153-6.
77. Paulus W, Straube A, Brandt T. Visual stabilization of posture. Physiological stimulus characteristics and clinical aspects. *Brain*. 1984; 107: 1143-63.
78. Bacsí AM, Colebatch JG. Evidence for reflex and perceptual vestibular contributions to postural control. *Exp Brain Res* 2005; 160(1): 22-8.

79. Uchino Y, Suzuki S. Axon collaterals to the extraocular motoneuron pools of inhibitory vestibuloocular neurons activated from the anterior, posterior and horizontal semicircular canals in the cat. *Neurosci Lett* .1983; 37: 129-35.
80. Suzuki JI, Cohen B, Bender MB. Compensatory movements induced by vertical semicircular canal stimulation. *Exp Neurol*. 1964; 9: 137-60.
81. Cohen B, Suzuki JI, Bender MB. Nystagmus induced by electric stimulation of ampulary nerves. *Acta Otolaryng (Stochk)* 1965; 60: 422-36.
82. Sugita A, Bai R, Imagawa M, Sato H, Sasaki M, Kitajima N et al. Properties of horizontal semicircular canal nerve-activated vestibulospinal neurons in cats. *Exp Brain Res* 2004; 156(4): 478-86.
83. Rama López J, Pérez Fernández N. Pruebas vestibulares y posturografía: *Rev Med Univ Navarra* 2003; 47(4): 21-8.
84. Matín Sanz E, Barona de Guzmán R, Quintá Valero V. Posturografía dinámica. *Rev biomec (Febrero)* 2003; 25-32.
85. Allum JHJ, Bloem BR, Carpenter MG, Hulliger M, Hadders-Algra M. Proprioceptive control of posture: a review of new concepts. *Gait Posture* 1998; 8: 214-42.
86. Monsell EM, Furman JM, Herdman SJ, Konrad HR, Shepard NT. Computerized posturography dynamic platform. *Otolaryngol Head Neck Surg* 1997; 117: 394-8.
87. Krintinsdottir EK, Fransson PA, Magnusson M. Changes in postural control in healthy elderly subjects are related to vibration sensation, vision and vestibular asymmetry. *Acta Otolaryngol* 2001; 121: 700-6.

88. Blaszczyk JW, Prince F, Raiche M, Hébert R. Effect of ageing and vision on limb load asymmetry during quiet stance. *J Biomech* 2000; 33: 1243-8.
89. Ortuño Cortés MA, Barona de Guzmán R, Martín Sanz, E. Valoración funcional del equilibrio. En: Sánchez I, Ferrero A, Aguilar JJ, Climent JM, Conejero JA, Flórez MT, Peña A, Zambudio R, eds. *Manual SERMEF de Rehabilitación y Medicina Física*. Madrid, 2006. p. 103-8.
90. Pérennou D, Decavel P, Manckoundia P, Penven Y, Mourey F, Launay F et al. [Evaluation of balance in neurologic and geriatric disorders] (fran). *Ann Readapt Med Phys* 2005; 48: 317-35. Citado en: Ortuño Cortés MA. *Análisis clínico y posturográfico en ancianos con patología vestibular y su relación con las caídas [Tesis doctoral]*. Valencia: Universitat de Valencia; 2008.
91. www.svmefr.com/reuniones/XVI/Trabajos/Ponencias/Valoraci%C3%B3n%20Instrumentada%20de%20los%20trastornos%20del%20equilibrio%20y%20de%20la%20patolog%C3%ADa%20vestibular%20POSTUROGRAFIA.pdf
92. Bowman C, Mangham C. Clinical use of moving platform posturography. *Seminars in hearing* 1989; 10(2):161-171. Citado en: Quintá Valero V, Barona de Guzmán R. Posturografía: antecedentes históricos. Técnicas actuales para el registro de la postura. *Rev biomec* (Feb) 2003; 5-9.
93. Black FO, Nashner LM. Vestibulo-spinal control differs in patients with reduced versus distorted vestibular function. *Acta Otolaryngol* (Stockh) 1984; 406:100-14. Citado en: Quintá Valero V, Barona de Guzmán R. Posturografía: antecedentes históricos. Técnicas actuales para el registro de la postura. *Rev biomec* (Feb) 2003; 5-9.

94. Rossi Izquierdo M, Stapleton C, Paço J, Luis A, Paço F, Labella T. Manual de videonistagmografía y posturografía dinámica computerizada. GAES, editores; 2007.
95. Nashner LM, Black FO, Wall C. Adaptation to altered support and visual conditions during stance: patients with vestibular deficits. J Neurosci 1982; 2: 536.
96. Corriveau H, Hébert R, Raïche M, Dubois MF, Prince F. Postural stability in the elderly: empirical confirmation of a theoretical model. Arch Gerontol Geriat 2004; 39: 163-77.
97. Akram SB, Frank JS, Patla AE, Allum JHJ. Balance control during continuous rotational perturbations of the support surface. Gait Posture 2008; 27: 393-8.
98. Granata KP, Wilson SE. Trunk posture and spinal stability. Clin Biomech 2001; 16: 650-9.
99. Kuo AD, Speers RA, Peterka RJ, Horak FB. Effect of altered sensory conditions on multivariate descriptors of human postural sway. Exp Brain Res 1998; 122:185-95.
100. Van der Kooij H, Jacobs R, Koopman B, Grootenboer H. A multisensory integration model of human stance control. Biol Cybern 1999; 80: 299-308.
101. Pérez Fernández N, Rama López, J, Rey Martínez, J. Posturografía. En: Actualizaciones en la práctica clínica para el especialista en otorrinolaringología. Grupo Solvay Pharma; 2006.
102. Soto A, Labella T, Santos S, del Rio M, Lirola A, Cabanas E, et al. The usefulness of computerized dynamic posturography for the study of

- equilibrium in patients with Meniere's disease: correlation with clinical and audiologic data. *Hear Res* 2004; 196 (1-2): 26-32.
103. Santos Pérez S, Soto Varela A, Rossi Izquierdo M, Elhendi W, Labella Caballero T. Tratamiento rehabilitador de los trastornos del equilibrio. Diseño de un protocolo general con la posturografía dinámica computerizada. *An Otorrinolaringol Ibero Am* 2007; 34(5): 465-84.
104. Barona de Guzmán R, García-Alsina J. Vértigo y rehabilitación. En *Encyclopédie Médico-Chirurgicale, Otorrinolaringología*. E-26-451-B-10.
105. Fraile Rodrigo JJ, Tísner Nieto JV, Fernández Liesa R. Rehabilitación vestibular mediante plataforma de posturografía. Nuestra experiencia. *O.R.L. ARAGON* 2005; 8 (2) 6-11.
106. Alemán López O, Pérez Fernández N, Sánchez N. Rehabilitación vestibular. *Rev Med Univ Navarra* 2003; 47(4): 72-6.
107. Pérez N, Santandreu E, Benitez J, Rey-Martínez J. Improvement of postural control in patients with peripheral vestibulopathy. *Eur Arch Oto-Rhino-L* 2006; 263(5): 414-20.
108. Nashner LM. A model describing vestibular detection of body sway motion. *Acta Otolaryngol (Stockh)* 1971; 72(6): 429-36.
109. Rama López J, Pérez Fernández N. Caracterización de la interacción sensorial en posturografía. *Acta Otorrinolaring Esp* 2004; 55: 62-6.
110. Allum JHJ, Bloem BR, Carpenter MG, Honegger F. Differential diagnosis of proprioceptive and vestibular deficits using dynamic support-surface posturography. *Gait Posture* 2001; 14: 217-26.
111. Black FO. What can posturography tell us about vestibular function? *Ann N Y Acad Sci* 2001; 942: 446-64.

112. Ferber-Viart C, Ionescu E, Morlet T, Froehlich P, Dubreuil C. Balance in healthy individuals assessed with Equitest: Maturation and normative data for children and young adults. *Int J Pediatr Otorhi* 2007; 71: 1041-6.
113. Allum JHJ, Zamani T, Adkin A, Ernst A. Differences between trunk sway characteristics on a support surface on the Equitest® and sway-references support surface. *Gait Posture* 2002; 16: 264-70.
114. Hirabayashi S, Iwasaki Y. Developmental perspective of sensory organization on postural control. *Brain Dev-Jpn* 1995; 17:111-3.
115. Nashner LM: Computerized dynamic posturography. En: Jacobson GP, Newman CW, Kartush JM, Editores: *Handbook of balance function testing*, St Louis: ed Mosby; 1996.
116. Black FO, Wade SW, Nashner LM. What is the minimal vestibular function required for compensation?. *Am J Otol* 1996; 17(3): 401-9.
117. Nashner LM, Shupert CL, Horak FB. Organization on posture controls: An analysis of sensory and mechanical constraints. *Prog Brain Res*. 1990; 80: 411-8.
118. Oliva Domínguez M, Bartual Magro J, Dañino González JL, Dañino González G, Roquette Gaona J, Bartual Pastor J. Control postural según la edad en pacientes con vértigo posicional paroxístico benigno. *Acta Otorrinolaringol Esp* 2005; 56: 354-60.
119. Chaudhry H, Findley T, Quigley KS, Ji Z, Maney M, Sims T et al. Postural stability index is more valid measure of stability than equilibrium score. *J Rehabil Res Dev* 2005; 42(4): 547-56.
120. Gatev P, Thomas S, Kepple T, Hallett M. Feedforward ankle strategy of balance during quiet stance in adults. *J Physiol* 1999; 514 (3): 915-28.

121. Runge CF, Shupert CL, Horak FB, Zajac FE. Role of vestibular information in initiation of rapid postural responses. *Exp Brain Res* 1998; 122:403-12.
122. Amaridis IG, Hatzitaki V, Arabatzi F. Age-induced modification of static postural control in humans. *Neurosci Lett* 2003; 350:137-40.
123. Climent Barberá JM. La opinión de los especialistas acerca de la posturografía. *Rev biomec* (Feb) 2003; 15-24.
124. Furman JM, Posturography: use and limitations. *Baillieres Clin Neur* 1994; 3(3): 501-13.
125. Furman JM. Role of posturography in management of vestibular patients. *Otolaryngol Head Neck Surg* 1995; 112: 8-15.
126. Carpenter MG, Allum JHJ, Honegger F. Vestibular influences on human postural control in combinations of pitch and roll planes reveal differences in spatiotemporal processing. *Exp Brain Res* 2001; 140: 95-111.
127. Faraldo A, San Román E, Soto A. Evaluación del paciente con trastornos del equilibrio y de la marcha. Presbivértigo y caída en el anciano. Sociedad Española de Otorrinolaringología y Patología Cérvico-facial, editores. Libro virtual de formación en ORL. Madrid: 2008
128. Van de Warrenburg BPC, Bakker M, Kremer MPH, Bloem BR, Allum JHJ. Trunk Sway in Patients With Spinocerebellar Ataxia. *Movement Disord* 2005; 20(8): 1006-13.
129. Allum JHJ, Adkin AL. Improvements in trunk sway observed for stance and gait tasks during recovery from an acute unilateral peripheral vestibular deficit. *Audiol Neuro-Otol* 2003; 8(5): 286-302.

130. Horlings CG, K ng UM, Bloem BR, Honegger F, Van Alfen N, Van Engelen BG et al. Identifying deficits in balance control following vestibular or proprioceptive loss using posturographic analysis of stance tasks. *Clin Neurophysiol* 2008; 119: 2338-4.
131. Schmuziger N, Allum J, Buitrago-T llez C, Probst R. Incapacitating hypersensitivity to one's own body sounds due to a dehiscence of bone overlying the superior semicircular canal. A case report. *Eur Arch Oto-Rhino-L.* 2006; 263: 69-74.
132. Basta D, Singbartl F, Todt I, Clarke A, Ernst A. Vestibular rehabilitation by auditory feedback in otolith disorders. *Gait Posture*. 2008; 28: 397-404.
133. Basta D, Todt I, Scherer H, Clarke A, Ernst A. Postural control in otolith disorders. *Movement Sci* 2005; 24:268-79.
134. Bakker M, Allum JHJ, Visser JE, Grüneberg C, van de Warrenburg BP, Kremer BHP et al. Postural responses to multidirectional stance perturbations in cerebellar ataxia. *Exp Neurol* 2006; 202: 21-35.
135. Van der Kooij H, Jacobs R, Koopman B, Grootenboer H. A multisensory integration model of human stance control. *Biol Cybern* 1999; 80: 299-308.
136. Rey-Martínez JA, Boleas-Aguirre MS, Pérez N. Análisis postural de la prueba "Timed-up-and-go" en pacientes con vértigo. *Acta Otorrinolaringol Esp* 2005; 56: 107-11.
137. Allum J, Adkin A, Carpenter MG, Held-Ziolkowska M, Honegger F, Pierchala K. Trunk sway measures of postural stability during clinical balance tests: Effects of a unilateral vestibular deficit. *Gait Posture* 2001; 14: 227-37.

138. Bischoff-Ferrari HA, Conzelman M, Stähelin HB, Dick W, Carpenter MG, Adkin AL et al. Is fall prevention by vitamin D mediated by change in postural or dynamic balance? *Osteoporos Int* 2006; 17: 656-63.
139. Sjöström H, Allum JHJ, Carpenter MG, Adkin AL, Honneger F, Ettlin T. Trunk sway measures of postural stability during clinical balance test in patients with chronic whiplash injury symptom. *Spine* 2003; 28:1725-34.
140. Majewski M, Bischoff-Ferrari HA, Grüneberg C, Dick W, Allum JH. Improvements in balance after total hip replacement. *J Bone Joint Surg Br* 2005; 87: 1337-43.
141. Vrancken AM, Allum JH, Peller M, Visser JE, Esselink RA, Speelman JD et al. Effect of bilateral subthalamic nucleus stimulation on balance and finger control in Parkinson's disease. *J Neurol* 2005; 252: 1487-94.
142. Adkin AL, Bloem BR, Allum JHJ. Trunk sway measurements during stance and gait tasks in Parkinson's disease. *Gait Posture* 2005; 22: 240-9.
143. Bloem BR, Grimbergen YA, van Dijk JG, Munneke M. The 'posture second' strategy: a review of wrong priorities in Parkinson's disease. *J Neurol Sci* 2006; 248: 196-204.
144. Basta D, Clarke A, Ernst A, Todt I. Stance performance under different sensorimotor conditions in patients with post-traumatic otolith disorders. *J Vestib Res* 2007; 17: 25-31.
145. Grimbergen YA, Knol MJ, Bloem BR, Kremer BP, Roos RA, Munneke M. Falls and Gait Disturbances in Huntington's Disease. *Mov Disord* 2008; 23: 970-6.

146. Horlings CG, Drost G, Bloem BR, Trip J, Pieterse AJ, Van Engelen BG et al. Trunk sway analysis to quantify the warm-up phenomenon in myotonia congenita patients. *J Neurol Neurosurg Psy* 2009; 80(2): 207-12.
147. Basta D, Ernst A. Moderne Rehabilitation von Gleichgewichtsstörungen mit Hilfe von Neurofeedback-Trainingsverfahren. *HNO* 2008; 56: 990-5.
148. Hegeman J, Honegger F, Kupper M, Allum JH. The balance control of bilateral peripheral vestibular loss subjects and its improvement with auditory prosthetic feedback. *J Vestib Res-Equil* 2005; 15: 109-17.
149. Ernst A, Singbartl F, Basta D, Seidl RO, Todt I, Eisenschenk A. Short-term rehabilitation of patients with posttraumatic otolith disorders by auditory feedback training: a pilot study. *J Vestib Res* 2007; 17: 137-44.
150. Allum JHJ, Honegger F. Balance Internacional Innovation: Manual de Usuario, Version 1. 2002-2003.
151. Allum JHJ, Honegger F. Balance Internacional Innovation: Manual de Usuario, Version 2. 2002-2006.
152. <http://www.b2i.info/web/index.htm>
153. Ernst A, Basta D, Seidl Ro, Todt I, Scherer H, Clarke A. Management of posttraumatic vertigo. *Otolaryngol Head Neck Surg* 2005; 132: 554-8.
154. http://ciber.fas.sfu.ca/research/elder_friendlybuilt%20environments/wireless.html
155. Allum JHJ, Carpenter M. A speedy solution for balance and gait analysis: angular velocity measured at the centre of body mass. *Curr Opin Neurol* 2005; 18(1): 15-21.

156. Beule AG, Allum JH. Otolith function assessed with the subjective postural horizontal and standardised stance and gait tasks. *Audiol Neurotol* 2006; 11: 172-82.
157. De Hoon EW, Allum JH, Carpenter MG, Salis C, Bloem BR, Conzelmann M et al. Quantitative assessment of the stops walking while talking test in the elderly. *Arch Phys Med Rehabil* 2003; 84: 838-42.
158. Karlsson A, Lanshammar H. Analysis of postural sway strategies using an inverted pendulum model and force plate data. *Gait Posture* 1997; 5: 198-203.
159. <http://i.esmas.com/image/0/000/003/673/tacones-NTnva.jpg>.
160. Bouche P, Cattelin F, Saint-Jean O, Léger JM, Queslati S, Guez D et al. Clinical and electrophysiological study of the peripheral nervous system in the elderly. *J Neurol* 1993; 240: 263-8.
161. Galea V. Changes in Motor Unit Estimates with Aging. *Journal of Clinical Neurophysiology* 1996; 13(3): 253-60.
162. Vrancken AF, S. Kalmijn S, Brugman F, Rinkel GJ, Notermans NC. The meaning of distal sensory loss and absent ankle reflexes in relation to age. A meta-analysis. *J Neurol* 2006; 253: 578-89.
163. <http://www.infoidiomas.com/imagenes/fotos/uk/fotobeatles.jpg>.
164. Perrin PP, Jeandel C, Perrin CA, Béné MC. Influence of visual control, conduction, and central integration on static and dynamic balance in healthy older adults. *Gerontology* 1997; 43:223-31.
165. http://www.mifarmacia.es/images_productos/77875.jpg
166. <http://wzar.unizar.es/invest/sai/tdi/imagenes/biomed/caderas.jpg>

167. Allum JHJ, Honegger F. SwayStar™ Software Operating Manual.
Document Version 2.1. 2002-2008.